Environment Canada Environnement Canada

Petitcodiac River/Estuary Modelling Workshop Summary

Moncton, New Brunswick, Canada
March 3 to 5, 2002

Organized by: Environment Canada
Fisheries and Oceans Canada

with the assistance of the

New Brunswick Department of the Environment and Local Government and the New Brunswick Department of Transportation

Edited by: Charles LeBlanc,
Doug Bliss and Brian Burrell

Environment Canada – Atlantic Region
Occasional Report No. 19

Other reports in the Series:

Report No.

Other reports in the Series:
Report No.

1. Atlantic Maritime Ecozone Research and Monitoring, Workshop Proceedings, March 1993 (out of print)
2. Ecological Monitoring and Research at Kejimkujik National Park, 1978-1992 (out of print)
3. Kejimkujik Watershed Studies: Monitoring and Research Five Years after "Kejimkujik '88"
4. Ecological Monitoring and Research in the Coastal Environment of the Atlantic Maritime Ecozone, Workshop Proceedings Huntsman Marine Laboratory, March 9-11, 1994 (out of print)
5. Ecological Monitoring and Research in Atlantic Canada: A Focus on Agricultural Impacts in Prince Edward Island
6. Science and Policy Implications of Atmospheric Issues in Atlantic Canada, Workshop Proceedings Halifax, N.S., November 28-30, 1995
7. Canada Goose Studies in the Maritime Provinces 1950-1992, Compiled by Anthony Erskine, January 1997. (date of Pub. March 1997)
8. Bay of Fundy Issues: a scientific overview, Proceedings of a Workshop, Wolfville, N.S., January 29 toFebruary 1, 1996. (date of Pub. March 1997)
9. Climate Change and Climate Variability in Atlantic Canada, Proceedings of a Workshop, Halifax, N.S., Dec. 3 to 6, 1996. (date of Pub. March 1997)
10. Trends of Acid Precipitation Chemistry Variables in some Atlantic Canada National Parks. (date of Pub. April 1997)
11. Using Environmental Prediction in Ecosystem Science in Atlantic Canada, Workshop Proceedings, Halifax, N.S. (date of Pub. Mar. 1998)
12. Understanding Change in the Bay of Fundy Ecosystem, Workshop Proceedings, Sackville, NB (April 22-24, 1999)
13. Climate Change and Ecosystem Research in Canada's North, A report to the Northern Ecosystem Initiative Management Team, by Thomas A. Clair (March 2000, english/francais)
14. Acid Precipitation Lake Monitoring Program in Canada's Atlantic Provinces (March 2000, Report in CDROM format)
15. Multi-disciplinary Study of Metal Cycling, Primarily Hg, in Aquatic and Terrestrial Environments,Workshop Proceedings, Sackville, NB (March 2000)
16. Environment Canada`s Acid Precipitation Monitoring Networks in Atlantic Canada (March 2001, Report in CDROM format)
17. Opportunities and Challenges for Protecting, Restoring and Enhancing Coastal Habitats in the Bay of Fundy. Proceedings of the 4th Bay of Fundy Science Workshop, Saint John, NB, Sept. 19-21, 2000.
18. Cycling of mercury in Kejimkujik National Park. Toxic Substance Initiative Projet /124 Summary, December 2001.

103-05669/

This publication should be cited as:

LeBlanc, C., D. Bliss and B. Burrell (Editors) 2002. Petitcodiac River/Estuary Modelling Workshop Summary, April 2002 Occasional Report no. nn, Environment Canada, Sackville, New Brunswick, 83 pp.

Copies may be obtained from:

Environment Conservation Branch
Environment Canada – Atlantic Region
P. O. Box 6227, Sackville, N.B.
E4L 1G6

Published by Authority of the
Minister of Environment

Catalogue No. CW69-12/19-2002
ISBN 0-662-66861-8
ISSN 1195-664X

TABLE OF CONTENTS

LIST OF FIGURES v
LIST OF TABLES v
LIST OF MEMBERS OF THE WORKSHOP ORGANIZING COMMITTEE vi
EXECUTIVE SUMMARY ix

1.0 – INTRODUCTION 1

2.0 - WORKSHOP TERMS OF REFERENCE 3

3.0 – SYNOPSIS OF PRESENTATIONS AND BREAKOUT SESSIONS 5
3.1 - Introduction 5
3.1.1 - History and Physical Environment of the Petitcodiac - Denis Haché 5
3.1.2 - Modelling Feasibility Report - David Willis 5
3.2 - Hydrodynamics Session 5
3.2.1 - Modelling of Complex Flow Conditions - David Willis for Norm Crookshank 5
3.2.2 - Modelling of Turbulence - Dr. Noboru Yonemitsu 6
3.2.3 - Finite Element Modelling - Dr. Dave Greenberg 6
3.2.4 - Effluent Dispersion - Jochen Schroer 7
3.2.5 - Overview of Model Approaches - Andrew Driscoll 7
3.2.6 - Panel Discussion – Hydrodynamics Session 7
3.3 - Sediments Session 7
3.3.1 - Cohesive Sediment Transport - Dr. Krish Krishnappan 7
3.3.2 - Sediment Behaviour in Turbid Environments - Tim Milligan 7
3.3.3 - Properties of Near-Bottom Fine Sediment Suspensions - Dr. Richard Faas 8
3.3.4 - Sediment Budget Estimates - Dr. Carl Amos 8
3.3.5 - Panel Discussion - Sediments Session 8
3.4 - Breakout Session #1 9
3.4.1 - 1A – How do we overcome a limited knowledge of these cohesive sediments in modelling efforts? Facilitator - Tim Milligan 9
3.4.2 - 1B – What are the important parameters for modelling purposes? Facilitator – David Willis 9
3.4.3 - 1C – What will be some of the challenges in modelling the Petitcodiac estuary? Facilitator – Dr. Spyros Beltaos 10
3.5 - Case Studies Session – European Experiences 10
3.5.1 - Cohesive Sediment Transport - Dr. Erik Toorman 10
3.5.2 - Estuarine Modelling Methods and Projects - Dr. Ole Petersen 11
3.6 - Keynote Address: "Where Angels Fear to Tread – Experience in the Bay of Fundy" - Dr. Graham Daborn 11
3.7 - Special Tidal Processes Session 11
3.7.1 - Particle Trapping in Stratified Estuaries – Dr. Bob Chant 11

3.7.2 - Storm Surges - Dr. Hal Ritchie....12
3.7.3 - Ice - Dr. Brian Morse....12
3.8 - Data Collection Session....12
3.8.1 - Tides in Bay of Fundy - Charlie O'Reilly....12
3.8.2 - Hydrographic Survey of Petitcodiac – Jean-Claude Vautour....13
3.8.3 - Remote Sensing - Tim Webster....13
3.8.4 - Data Acquisition in Estuaries - Gary Bugden....13
3.8.5 - Panel Discussion - Data Collection Session....14
3.9 - Breakout Sessions #2....14
3.9.1 - 2A – What is the best and most economical means of data collection for modelling? Facilitator – Dr. Carl Amos....14
3.9.2 - 2B – How can experimentation with the gate operations be a viable means of data collection? Facilitator – Denis Haché....14
3.9.3 - 2C – How can data collection be optimized for modelling? Facilitator – Tim Milligan....15
3.10 - Case Studies Session – Other Experiences on Estuary Modelling....15
3.10.1 - Recent Experiences in Modelling Cohesive Sediment Transport - Dr. Doug Scott....15
3.10.2 - Erosion Modelling – Implications for the Petitcodiac - Dr. Michael Davis....16
3. 11 - Breakout Sessions #3....16
3A, 3B and 3C - What modelling approaches would be suitable for the Petitcodiac?....16
3.11.1 - 3A – Should nested models be considered? (Group discussed modelling approaches). Facilitator – David Willis....16
3.11.2 - 3B – What modelling accuracy is reasonable for an estuary such as the Petitcodiac? Facilitator – Dr. Graham Daborn?....17
3.11.3 - 3C – How long should data collection and modelling take? Facilitator – Doug Bliss....17
3.12 - Summary of Workshop. Facilitators - Doug Bliss and Dr. Michael Chadwick .17
3.13- Conclusions and Possible Next Steps....19

APPENDIX A RECOMMENDATIONS OF THE ORGANIZING COMMITTEE FOR THE PETITCODIAC RIVER/ESTUARY MODELLING WORKSHOP....21

APPENDIX B WORKSHOP SCHEDULE....29

APPENDIX C ABSTRACTS OF PRESENTATIONS....33
Overview of March 1999 Modelling Feasibility Report - David Willis....35
Hydrodynamic Modelling of Complex Flow Conditions - David Willis for Norm Crookshank....37
Vertical Dispersion Mechanisms of Salt and Sediments in Estuary Flows - Dr. Noboru Yonemitsu....37

High Resolution Finite-Element Modelling of Areas with Drying Inter-tidal Areas - Dr. Dave Greenberg 38
Effluent Dispersion into Tidal Environments - Jochen Schroer 39
Overview of Candidate Modelling Approaches for the Petitcodiac River/estuary - Andrew Driscoll....40
Cohesive Sediment Transport in Estuaries – Dr. Krish Krishnappan....41
Sediment Behavior in Turbid Environments - Tim Milligan....42
Time and Density-Dependent Properties of Near-Bottom Fine Sediment Suspensions - Dr. Richard Faas 43
The Sediment Budget of Chignecto Bay - Dr. Carl L. Amos 43
European Cohesive Sediment Transport Models - Dr. Erik Toorman....44
Examples of Estuary Models and Projects – Dr. Ole Petersen 47
Tidal Asymmetries Mixing Processes and Particle Trapping in Stratified Estuaries - Dr. Bob Chant 49
Operational Prediction of Storm Surges and Flooding – Dr. Hal Ritchie....50
Winter processes in estuaries – Dr. Brian Morse....51
Tides and Water Levels in the Upper Reaches of Fundy - Charlie O'Reilly....52
Hydrographic Surveys of the Estuary and River Channels - Jean-Claude Vautour....53
High Resolution Remote Sensing Mapping of Estuarine Environments - Tim Webster54
Acquiring Representative Physical Oceanographic Data in Muddy Rivers/Estuaries - Gary Bugden 55
Recent Experiences in Modelling Cohesive Sediment Transport - Dr. Doug Scott....55
Recent Experience in River Flow and Erosion Modelling – Applicability to the Petitcodiac River - Dr. Michael Davies 56

APPENDIX D CURRICULUM VITAE OF PRESENTERS....57
Dr. Carl Leonetto Amos....58
Gary Bugden 59
Dr. Robert J. Chant 60
Norman L. Crookshank....61
Dr. Graham R. Daborn....62
Dr. Michael Davies 63
Andrew Driscoll....63
Dr. Richard Faas 64
Dr. David Alexander Greenberg 64
Denis Haché....65
Dr. B.G. Krishnappan 65
Tim Milligan....66
Dr. Brian Morse 67
Charles O'Reilly 67
Dr. Ole Petersen....68
Dr. Harold Ritchie....68
Jochen Schroer....69
Dr. Douglas Scott....70
Dr. Erik Toorman....70

Jean-Claude Vautour....71
Tim Webster....71
David H. Willis....72
Dr. Noboru Yonemitsu....73

APPENDIX E PARTICIPANTS LIST....75

APPENDIX F BREAKOUT SESSIONS LIST....81

LIST OF FIGURES

Figure 1 - Petitcodiac River and Estuary

Figure 2 – Petitcodiac River Causeway and Gates

LIST OF TABLES

Table 1 - Opportunities for Further Analyses of Existing Information (Appendix A)

Table 2 - Immediate Data Collection Needs (Appendix A)

Table 3 - Suggested Possible Modelling to Assess Changes Resulting from Modification at the Petitcodiac Gate Operation or Openings in the Dam/Causeway (Appendix A)

LIST OF MEMBERS OF THE WORKSHOP ORGANIZING COMMITTEE

Doug Bliss Environment Canada P.O. Box 6227, Sackville, New Brunswick, E4L 1G6 Canada 1-506-364-5048 (phone) 1-506-364-5062 (fax) Doug.Bliss@ec.gc.ca	**Brian Burrell** New Brunswick Department of the Environment and Local Government Marysville Place P.O. Box 6000, Fredericton, New Brunswick, E3B 5H1 Canada 1-506-457-4844 (phone) 1-506-453-2265 (fax) Brian.Burrell@gnb.ca
Dr. Michael Chadwick Fisheries and Oceans Canada Gulf Fisheries Centre 343 Université Avenue P.O. Box 5030, Moncton New Brunswick E1C 9B6 Canada 1-506-851-6202 (phone) 1-506-851-2387 (fax) CadwickM@dfo-mpo.gc.ca	**Dr. George Finney** Environment Canada P.O. Box 6227, Sackville, New Brunswick, , E4L 1G6 Canada 1-506-364-5011 (phone) 1-506-364-5062 (fax) George.Finney@ec.gc.ca
Denis Haché Fisheries and Oceans Canada Gulf Fisheries Centre 343 Université Avenue P.O. Box 5030, Moncton New Brunswick, E1C 9B6 Canada 1-506-851-6252 (phone) 1-506-851-6579 (fax) HacheD@dfo-mpo.gc.ca	**Charles LeBlanc** Environment Canada Environmental Science Center Corner of Morton Avenue and Université Avenue, Moncton, New Brunswick E1A 3E9 Canada 1-506-851-7254 (phone) 1-506-851-7254 (fax) Charles.LeBlanc@ec.gc.ca
Lindon Miller New Brunswick Department of Transportation Kings Place P. O. Box 6000, Fredericton, New Brunswick, E3B 5H1 Canada 1-506- 453-5730 (phone) 1-506- 457-6714 (fax) Lindon.Miller@gnb.ca	**Tim Milligan** Fisheries and Oceans Canada Van Steenburg - Floor: 4th - Room: 403 Bedford Institute of Oceanography P. O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia, B2Y 4A2 Canada 1-902-426-3273 (phone) 1-902-426-6695 (fax) MilliganT@mar.dfo-mpo.gc.ca

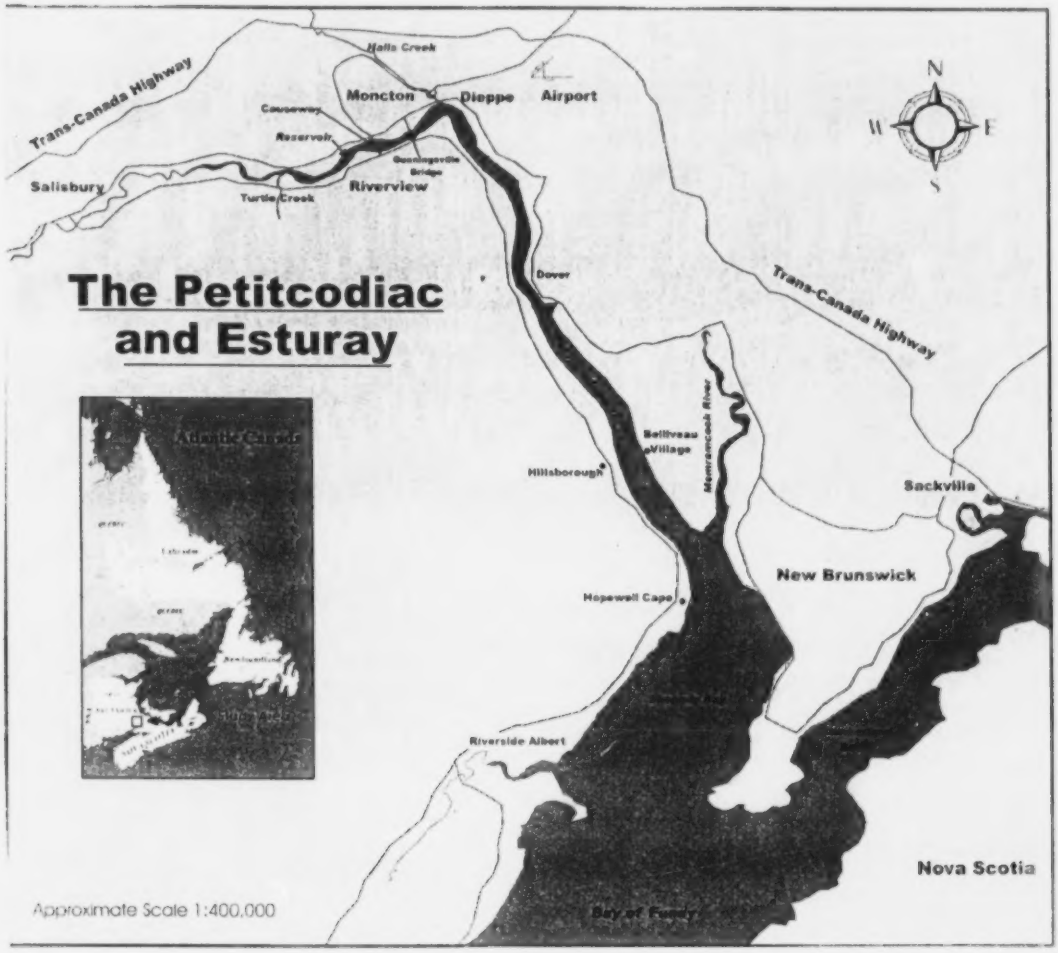

Figure 1 – Petitcodiac River and Estuary

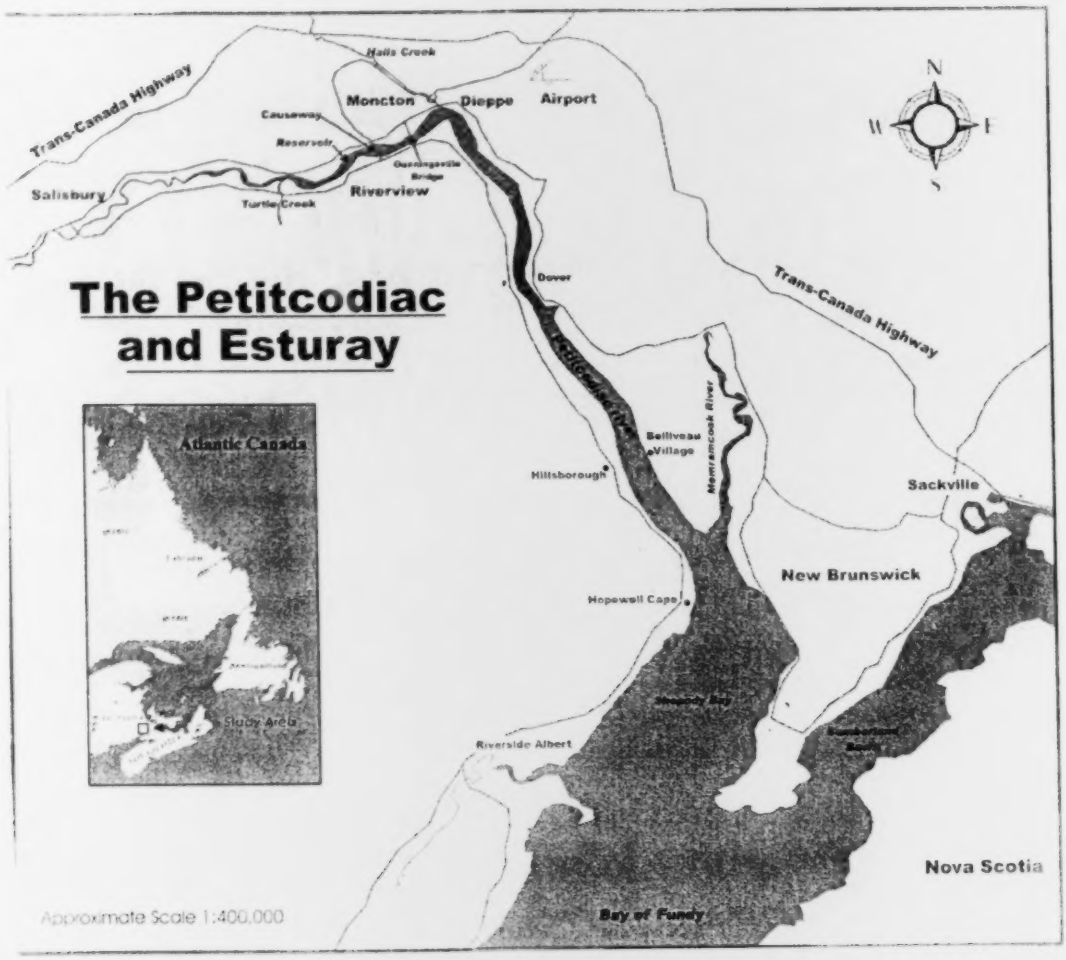

Figure 1 – Petitcodiac River and Estuary

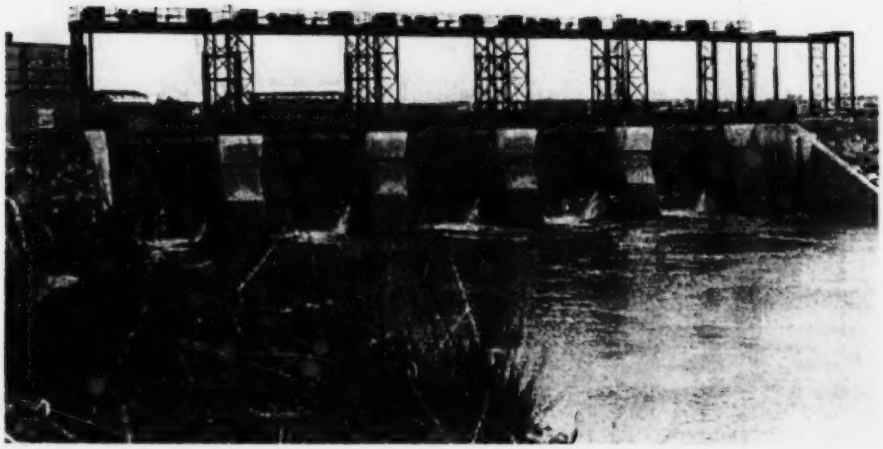

Figure 2: Petitcodiac River Causeway and Gates

EXECUTIVE SUMMARY

A Workshop titled: "Petitcodiac River and estuary technical workshop: modelling of hydrology and sediment in support of an environmental impact assessment" was held at the Hotel Beauséjour in Moncton, New Brunswick, from March 3 to 5, 2002. The Workshop was organized by Environment Canada and Fisheries and Oceans Canada with the assistance of the New Brunswick Department of Transportation and the New Brunswick Department of the Environment and Local Government and was attended by more than 65 people, including estuarine scientists from Canada, United States, Britain, Belgium and Denmark, as well as government scientists and other observers (see Appendix E).

The purpose of the workshop was to identify technically feasible and cost-effective modelling approaches that could be used to evaluate movement of water and sediment in the Petitcodiac River and estuary under existing conditions and under a range of openings in the Petitcodiac River dam/causeway. Results of the workshop as well as the Workshop Organizing Committee Recommendations (see Appendix A) were prepared for consideration during development of the environmental impact assessment project guidelines and terms of reference.

Although all expected outcomes as identified in the workshop terms of reference were not fully attained, some common areas of agreement did arise out of the workshop (see Appendix A) as follows:

- An enormous deficiency in very basic information exists, including information on tides, currents, salinity, sediment properties (grain size and shear stress plus other chemical and biophysical properties), the ice regime, and erosion processes.

- The combination of very large tides, the cold environment and the high concentration of sediments present unique challenges to understanding and potentially modelling the physical processes.

- Physical processes and conditions during the winter months, primarily the effect of ice on channel morphology, are poorly understood, but must be considered in the environmental assessment of a proposed project.

- To understand both far-field and localized effects, it may be necessary to consider the entire estuarine/riverine system and oceanographic processes in the Bay of Fundy/ Gulf of Maine.

- An inter-disciplinary team consisting of engineering and scientific experts would be needed to effectively understand the unique Petitcodiac River/Estuary system.

- Simple approaches should be used to develop a basic understanding of the estuary system before considering more complex analyses or methodologies.

- The knowledge base about macrotidal estuarine systems should be increased by the publication of data and study results.

The Workshop Organizing Committee has also formulated and unanimously agreed to numerous conclusions (see Appendix A). Major conclusions were the following:

- An understanding of the physical processes throughout the year is critical to the assessment of environmental conditions that presently exist or would exist if changes were made to the causeway and/or its gates.

- The link between hydrodynamics and sediment in fluid mud regions is not well understood.

- Additional data collection is essential to compensate for serious deficiencies and gaps in the information presently available on tides, currents, and sediment properties, the ice regime, and characteristics of the water column. Regardless of the type and scope of any future modelling efforts, additional data collection would be necessary to adequately assess the potential environmental implications of any proposed changes at the Petitcodiac causeway,

- Since existing data related to physical processes may be relevant to the development of a better understanding of estuarial processes, it should be synthesized and reviewed in order to improve the level of understanding of the Petitcodiac estuary system. New data should be incorporated into the knowledge base as it is collected.

- As a first step, the development of conceptual models for different processes would provide useful guidance when planning and carrying-out data collection and numerical modelling.

- Numerical modelling would be a useful tool in environmental impact assessment for the Petitcodiac River and estuary, but would require additional data and an understanding of the interactions between the hydrodynamics and sediments in highly turbid environments.

- If based upon scientifically valid objectives and test criteria, experimental openings of the existing gates in the dam/causeway could provide opportunities for acquisition of additional data for modelling purposes. The experiments should only be carried out if adequate arrangements for data collection have been established.

- Any proposed or implemented changes at the Petitcodiac Causeway would require ongoing monitoring, modelling, and evaluation.

Based on the common areas of agreement and the conclusions the Workshop Organizing Committee put forward eleven recommendations (see Appendix A) as follows:

1. A strategic plan describing the overall study approach should be prepared and adopted, including a gradual and incremental data collection and modelling approach. A step-wise approach involving data collection and modelling, such that data can be used to modify and improve subsequent modelling efforts, should be done.

2. Expertise and resources should be dedicated to synthesize existing information in order to begin the process of the development of conceptual models of the estuary. (See Appendix A - Table 1)

3. Baseline data collection of water elevations and river channel cross sections should continue.

4. Preliminary information gathering and testing of data collection equipment and approaches (see Appendix A - Table 2) should be done prior to the finalization of the terms of reference for detailed assessment involving modelling work.

5. A major data acquisition program should be launched to understand the basic characteristics of the tides, currents, sediments and their properties, the ice regime, and standard physical, chemical and biological characteristics of the water column and benthic layer of the estuary and river during all seasons of the year. This should be done in accordance with the strategic plan.

6. Different models with appropriate levels of complexity should be used depending on the questions to be answered. Modelling approaches should progress from simple to more complex models as required. An incremental approach involving data collection and interpretation to modify and improve subsequent modelling efforts should be considered.

7. Boundary conditions should be well defined and will likely be different for models developed to address specific issues.

8. As a first step, a mass balance type approach (conceptual models) should be considered followed by a one-dimensional hydrodynamic model. This should be implemented before any more detailed hydrodynamic, sediment or water quality modelling is considered.

9. A one-dimensional hydrodynamic model extending seaward from Salisbury to Hopewell Cape should be considered before any more detailed hydrodynamic, sediment or water quality modelling.

10. The proponent of the environmental assessment process should consider different modelling approaches with suggestions identified in Appendix A - Table 3, remembering that further data collection is essential for modelling and that modelling is an important tool in interpreting data for future scenarios.

11. A central warehouse for the sharing of data and information should be established. This would be an important component for the environmental assessment process as well as the ongoing scientific inquiries within the Petitcodiac River/estuary.

1.0 – INTRODUCTION

A Workshop to discuss the technical feasibility and cost-effectiveness of modelling estuarine hydrodynamic and sediment processes to evaluate future physical characteristics of the Petitcodiac River and estuary was held at the Hotel Beauséjour in Moncton, New Brunswick, from March 3 to 5, 2002. The Workshop was organized by Environment Canada and Fisheries and Oceans Canada with the assistance of the New Brunswick Department of Transportation and the New Brunswick Department of the Environment and Local Government and was attended by more than 65 people, including estuarine scientists from Canada, United States, Britain, Belgium, and Denmark, as well as government scientists and other observers.

The Workshop involved presentations and discussion among engineers and scientists invited to share their knowledge on physical aspects of rivers and estuaries, and to recommend how best to study and predict water flows, sediment behaviour, and other physical processes under various scenarios. Scientists and engineers expressed varying opinions concerning the modelling and associated data collection. Different scientific and engineering backgrounds, differing experiences with numerical modelling and data collection, and different levels of knowledge concerning the Petitcodiac River/estuary were reflected in the opinions expressed and suggestions made during the Workshop. Most visiting scientists did agree that the combination of very large tides, the cold environment and the high concentration of sediments presented unique challenges to modellers that had not been found in other estuaries in the world.

The Workshop provided an opportunity for discussion of the physical processes that underlie and determine the ecology of the Petitcodiac River and its estuary. Nevertheless, it was only one step towards greater understanding of the hydrodynamics and sediment processes, and thus only a means of acquiring information for planning further activities associated with environmental assessment of any proposed changes to the Petitcodiac dam/causeway.

Persons were assigned to record points from the presentations, panel discussions, and plenary sessions held during the Workshop. These were then compiled by Workshop Organizers, and sent to conference participants for any necessary modification.

The results are presented on the following pages. While an effort was made to accurately record significant highlights, no guarantee is made by the workshop organizers or their agencies that the summary on the following pages is inclusive of all major points made during the Workshop. Not all points recorded in the summary are of equal importance. Neither have the comments or suggestions made by workshop participants been formally evaluated or tested for validity.

The next section has the terms of reference prepared for the workshop with objectives, expected outcomes and issues to be address by modelling. Following that is the section showing, in a bullet format, important points from presentations,

panel discussions and breakout sessions. The same section ends with some conclusions and suggested next steps prepared by the workshop facilitator, Dr. Michael Chadwick of the Department of Fisheries and Oceans. Also included in this document is important and relevant information gathered throughout the preparation of the workshop and the official Workshop Organizing Committee recommendations presented to the New Brunswick manager of the environmental impact review process on March 25, 2002. In all, there are six appendices attached at the end of the document:

Appendix A - Recommendations of the Organizing Committee for the Petitcodiac River/Estuary Modelling Workshop
Appendix B - Workshop Schedule
Appendix C - Abstracts of presentations
Appendix D - Curriculum Vitae of Presenters
Appendix E - Participants List
Appendix F - Breakout Sessions List

2.0 - WORKSHOP TERMS OF REFERENCE

Title of workshop:

Petitcodiac River and Estuary Technical Workshop:
Modelling of Hydrology and Sediment
in Support of an
Environmental Impact Assessment

Date: March 3 to 5, 2002

Location: Hotel Beauséjour, Moncton, New Brunswick, Canada

Objective:

The purpose of the Workshop is to identify technically feasible and cost-effective modelling approaches that could be used to evaluate movement of water and sediment in the Petitcodiac River and estuary under existing conditions and under a range of openings in the Petitcodiac River dam/causeway. The results of these models would be required for an environmental impact assessment.

Expected Outcomes

1. An exchange of information on field measurement, data collection and modelling of hydrology and sediment in relation to the Petitcodiac River and estuary and lessons learned from case studies in other parts of the world that would be pertinent to the Petitcodiac.

2. A summary of expert opinions with regard to the existing situation: has the estuary reached equilibrium and what would occur if there were no further changes to the Petitcodiac dam/causeway?

3. A summary of expert opinions with regard to field measurement and numerical modelling of the Petitcodiac estuary, for existing conditions and for several possible openings in the Petitcodiac dam/causeway. The summary should include the advantages and disadvantages of differing modelling approaches and the constraints and limitations of different methodologies.

4. Assuming that one or two best approaches can be identified, provide an estimate of the range in cost, time and money to collect associated field data, to conduct model calibration, to carry-out model runs and analyze model predictions for various scenarios.

5. A summary of the Workshop, including an annotated agenda, an audio recording and copies of workshop presentations for use primarily by environmental planners and the proponents to be prepared by March 20, 2002.

Issues to be addressed by modelling

The modelling must be able to simulate the existing conditions, and two or more scenarios of opening the dam/causeway up to a maximum 300 metres in width for which 20 to 50 year forecasts may be required depending on the issues. The primary issues are:

1. Estimates of the **changes to the hydrodynamics** in the estuary below the causeway and in the river above the causeway including:
    - changes to the tidal range or tidal constituents/characteristics
    - changes to the tidal bore within 5 km downstream of the causeway
    - the increase or decrease in the potential and magnitude of storm surges 10 km above and below the causeway
    - increase or decrease in potential for flooding of lands above and below the causeway due to freshwater runoff, mud buildup or erosion, tidal and storm surge effects, ice buildup, ice damming, the hydrodynamics of flow, supercritical to critical flow transitions, through gates or around possible bridge piers

2. Estimates of the **local changes in the sediments** within 5 km above the causeway and 10 km below the causeway and the resulting predicted bathymetry including erosion or/and accretion of the mudflats and location of the channel. Predictions for the fate of the accumulated sediment in the region of the causeway. The process of freeze and thaw must be considered.

3. Estimates of **sediments composition and sedimentation rates**, 40 km below the causeway in lobster fishing areas and shorebird migration stopovers in inter-tidal areas of Shepody Bay.

4. Estimates of the **erosion or accretion of riverbanks** up to 40 km below the causeway and 20 km above the causeway. Where will shore protection be needed and where are salt marshes likely to develop or diminish? Are there areas where bank erosion will be a wave dominated process and does this need to be modelled?

5. Estimates of **dilution rates and fate of effluent** from the primary sewage treatment plant downstream of the causeway. Dilution rates to be established for all options, including existing conditions.

3.0 – SYNOPSIS OF PRESENTATIONS AND BREAKOUT SESSIONS

March 4, 2002

3.1 - Introduction

3.1.1 - History and Physical Environment of the Petitcodiac - Denis Haché

- Sediment build-up began during causeway construction.
- Tidal bore was 2 m high in 1906, now 0.20 m high.
- Mud deposition and erosion fluctuate a great deal, even between tidal cycles.
- 9 m difference in mud elevations between freshets and low flow.
- Channel bottom about 10 m higher than historical value.
- Accumulation of mud, about 120 x 10^6 m^3 to date.
- About 16 x 10^6 m^3 have accumulated 1991-2001. Recent accumulations occur further downstream.
- About 10 x 10^6 m^3 of sediment have accumulated in the head pond above the causeway.
- Many examples of gates being opened – 1968, '88, '89, '90, '98 and '99. – Can use information recorded during these events to help understand processes.
- Estuary is not in equilibrium – mud accumulation occurs further downstream and head pond continues to fill in.

3.1.2 - Modelling Feasibility Report - David Willis

Report reference:

Feasibility of Modelling the Petitcodiac Estuary, Report No NBE-1 – David H. Willis and Associates Ltd, 31 March 1999

- Hydrodynamic models technically feasible, but not necessarily economically feasible - extensive field data required.
- Mud properties require more investigation. Modellers and sedimentologists have differences of opinion.
- Need a specific model for the Petitcodiac rather than using an existing commercial model.
- For the purpose of this exercise fluid mud is assumed where concentration are 10 mg/l.

3.2 - Hydrodynamics Session

3.2.1 - Modelling of Complex Flow Conditions - David Willis for Norm Crookshank

- Diverse modelling capabilities are available through the Canadian Hydraulic Centre at National Research Council of Canada.
- 1-, 2- and 3-dimensional spatial modelling capabilities.
- Each model has strengths and weaknesses. For example, Telemac model is good for incorporating wetting and drying of sediments. The CUMBSED model deals with erosion and deposition. Environmental Simulation System (EnSim) has a range of models and applications.
- Examples of applications - Athabasca River and Rideau River in Canada and Laem Chabang, Thailand.

3.2.2 - Modelling of Turbulence - Dr. Noboru Yonemitsu

Skeptical of numerical models because of:

- interaction of fluids and sediments,
- complexity of boundary conditions,
- mixing time ranges from 1 second to hundreds of days,
- estuaries are site-specific and strongly 3-dimensional,
- assumptions that are based on averages need to be challenged, and
- most estuaries are density stratified which inhibits vertical mixing.

3.2.3 - Finite Element Modelling - Dr. Dave Greenberg

- Finite element approaches are versatile and resolution can be increased in areas of interest.
- Experience in modelling to simulate blockage for tidal power in the upper Bay of Fundy shows that impacts of dams on tidal regime can be far reaching (as far as Boston in some cases).
- To model the Petitcodiac we need recent bathymetric data as the seabed is changing e.g. significant scouring recently found in upper Bay of Fundy.
- LIDAR is a valuable source of high-resolution elevation data.

3.2.4 - Effluent Dispersion - Jochen Schroer

- Simple models good for predicting local effluent mixing (Miramichi River).
- Can link simple near-field mixing models with a hydrodynamic model to look at dispersion.
- Dispersion further away difficult to predict with simple models.
- Moncton sewage has primary treatment, no diffuser, and a relatively high effluent volume.
- No water quality objective is in place for the Petitcodiac River/estuary.

3.2.5 - Overview of Model Approaches - Andrew Driscoll

- Every model has strengths and weaknesses.
- 1-D models are simplistic but versatile.
- Terms of Reference for the workshop are ambitious and, will require a suite of hybrid applications involving 1-, 2- and 3-D models.

3.2.6 - Panel Discussion – Hydrodynamics Session

- We can model hydrodynamics without sediments, but concerns exist about validity.
- Need to measure role of ice in sediment movement.
- Need to validate our models.
- Need for present day data such as LIDAR surveys.
- 1-D model may be appropriate for evaluating gate control.
- Waves need to be considered, especially in outer bay.

3.3 - Sediments Session

3.3.1 - Cohesive Sediment Transport - Dr. Krish Krishnappan

- A sediment model needs to predict concentration from surface to bottom.
- Only valid approach is to treat fluid and sediments in four separate layers: suspended, fluid mud, partially consolidated bed and fully consolidated bed.
- Fluxes between layers need to be specified.
- Shear stress controls size of flocs; when shear stress is low, fine particles stay suspended and heavier ones settle out.
- Instruments are available to measure shear stress and sediment stability.

3.3.2 - Sediment Behaviour in Turbid Environments - Tim Milligan

- Relationship between single grains and flocs depends on concentration and turbulence.
- Mud breeds mud.
- Implications for Petitcodiac:
  - High concentration and varying shear stress,
  - Rapid deposition, settling velocity of fluid muds approximately 1 cm/sec.
  - Flocs and aggregates behave differently so require different models,
  - We don't know the in-situ settling velocity of flocs,
  - Stickiness of flocs is biologically determined and affects their size.

3.3.3 - Properties of Near-Bottom Fine Sediment Suspensions - Dr. Richard Faas

- Settling time controls sediment density.
- Fluid mud does not behave like Newtonian fluids where shear stress and shear rate are constantly proportional.
- Fluid mud tends to be of three types that aren't Newtonian.
- Viscosity varies with time and density and you cannot use a single value.

3.3.4 - Sediment Budget Estimates - Dr. Carl Amos

- About 1×10^6 m^3 of sediment in suspension at any time in the upper Bay of Fundy including Cumberland Basin and Shepody Bay.
- Causeway has acted like a vacuum cleaner and removed 120×10^6 m^3 of sediment from Bay of Fundy that would have otherwise contributed to salt marshes downstream.
- Turbidity has to be measured in Petitcodiac system.
- Concentration of sediments is always higher in the inner bay.
- Vertical profiles have never been done in the Petitcodiac system.
- Red Petitcodiac sediments are excellent for satellite imagery.
- Tidal range is amplifying in Bay of Fundy – 3000 years ago Moncton was at the tidal limit.
- Effects of ice are unknown and are probably important.
- Sediment sources are 85% seabed, 12% cliff erosion, and 3% from rivers.

3.3.5 - Panel Discussion - Sediments Session

- Can measure average turbidity in Petitcodiac with satellite technology.
- For vertical distribution of concentration need to calibrate with in-situ samples.
- Muds accumulate in front of causeway because of lower shear stress (less turbulence).
- Sediments sucked out of the upper Bay of Fundy system and deposited near the causeway rather than creating wetlands elsewhere.
- Sediment concentration can be measured with Optical Backscatter (OBS).

- Vertical distributions of current can be measured with an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) (in most environments).

3.4 - Breakout Session #1

3.4.1 - 1A – How do we overcome a limited knowledge of these cohesive sediments in modelling efforts? Facilitator - Tim Milligan

- Should we undertake data mining to make full use of existing data?
- Need good measurements from the field e.g. density flocculation vs. time, channel depth, settling velocity.
- Winter observations are problematic and have traditionally been scarce.

Suggestions:

- Make use of existing Gunningsville Bridge as a platform for measurements.
- Use LIDAR for channel bathymetry or drying area morphology.
- Remote sensing by satellites to measure average turbidities.

Fundamental questions remaining:

- Is the estuary in equilibrium?
- What is the mass balance of sediments in the system?
- What are the mud properties?
- Where is appropriate downstream boundary when modelling sediment fluxes?
- What is the fate of seasonally deposited sediment? Is it re-suspended?

3.4.2 - 1B – What are the important parameters for modelling purposes? Facilitator – David Willis

- Issues for modelling in the Term of Reference for the Workshop are too detailed and should not be followed at first. Sufficient for two or three major steps in future.
- Revise Terms of Reference issues to take a more macro approach to develop basic understanding.
- Use box models and 1-D models to determine sediment budgets and movements (zone of erosion, deposition) under different scenarios.
- Take advantage of gates to do experiments, in conjunction with 1-D and box models to understand possible change.
- Need comprehensive measurements of the estuary: bathymetry, turbidity, morphology, sediment loads, biology of sediments (nitrogen, phosphorus, bacteria etc).

- Hydrodynamic master model should be built for all Maritimes to serve all necessary coastal applications throughout region. This would require a multi-partner approach.

3.4.3 - 1C – What will be some of the challenges in modelling the Petitcodiac estuary? Facilitator – Dr. Spyros Beltaos

- Detailed field data are needed to determine if there is vertical stratification due to salinity and sediment concentrations. (May have ramifications for 3-D modelling, which is also useful for shear stress calculations.)
- Field data are needed in other areas such as ice processes.
- Present modelling capabilities are inadequate for a single, all encompassing model (hydrodynamics coupled with sediment, ice processes etc.).
- More realistic to use a combination of models of different complexities.
- Certain aspects of the problem (e.g. motions, location of meanders) cannot be modelled. They have to be considered using empirical approaches.
- Models cannot predict future conditions, however they can be used to compare scenarios.
- Model development should go hand in hand with data acquisition; possibly a step-by-step process of modelling, calibration/testing, data acquisition, model improvements, more data etc.
- Is the potential restoration of the tidal bore important? Should the model aim to simulate it?
- Better identification of source(s) of sediment sequestered in estuary is needed.
- Extreme runoff events and associated sediment transport need to be considered; also the possibility of ice jamming in the estuary if the causeway is removed.

3.5 - Case Studies Session – European Experiences

3.5.1 - Cohesive Sediment Transport - Dr. Erik Toorman

- There are many uncertainties when modelling. Physical and numerical models each have strengths and weaknesses. Data to support calibration and domain boundaries can also introduce uncertainty.
- Weaknesses in models are: how to model exchange of bottom sediments, high concentration effects, effects of laminar flow, bulk erosion and bedload transport.
- Application shown for Flyland Netherlands and Mont Saint-Michel, France. Latter used both physical and numerical models (used to define boundary conditions).
- We need to validate models under many conditions.
- Numerical models could not reproduce lab results even when complete data were available.

- Different models often do not compare well (engineering and research models).

3.5.2 - Estuarine Modelling Methods and Projects - Dr. Ole Petersen

- Estuary model have two parts, which interact with each other through diffusion, density and depth.
  - Hydrodynamics = flow, turbulence, and salt/temperature.
  - Sediments = suspended sediments and bed deposits.
- Modelling is a tool for rational discussions.
- Models provide a window to look at reality. Can move window around to change the view but expensive to increase its size to look at more factors.
- Different problems require different models. Need to choose the model most relevant for problem.
- Models require site-specific data.
- Examples of models: Tamar estuary (England), Mariager Fjord (Denmark), Loire River (France), Hamilton Air Base (San Francisco) and Belt Links (Denmark).

3.6 - Keynote Address: "Where Angels Fear to Tread – Experience in the Bay of Fundy" - Dr. Graham Daborn

- Multi-disciplinary research is important.
- Petitcodiac River/estuary is perfect for collaborative studies such as the Littoral Investigation of Sediment Properties (LISP).
- All barriers are different; each has its own impacts on the sediment and hydrodynamic system.
- When we jump in and modify environments, we take a huge risk.
- On Evangeline Beach, Minas Basin, Nova Scotia the stability of sediments in summer is based on *Corophium*/diatom interaction.
- It took over 30 years to see effects of causeway constructed on Annapolis River, Nova Scotia.
- We should take the community on as partners.
- Scientists have a responsibility to explain what is being done and why.

March 5th, 2002

3.7 - Special Tidal Processes Session

3.7.1 - Particle Trapping in Stratified Estuaries – Dr. Bob Chant

- Vertical stratification is an important parameter in an estuary.

- In flood-dominated estuaries (e.g. fast flood, slow ebb), particles are brought into the estuary.
- Tidal bore is an extreme example of a flood tide dominated system.
- Buoyancy effect on flood-dominated estuaries enhances the trapping of particles.
- Stratification turns off mixing on the ebb tide and particles remain trapped in the estuary.

3.7.2 - Storm Surges - Dr. Hal Ritchie

- We need a tidal gauge to develop a historical record to predict storm surges in the Petitcodiac River/estuary.
- Bay of Fundy storm surges are difficult to forecast because of non-linear interactions with high tides and lack of tidal gauge information.
- Research is required for improving accuracy of Bay of Fundy storm surge but it is feasible.
- The existing gauging station at Saint John Harbour is too far away and recently shown to have inaccuracies in its data record.

3.7.3 - Ice - Dr. Brian Morse

- Ice changes salt, discharge, current, temperature, and water quality of an estuary.
- Petitcodiac estuary has 5 zones: above the causeway normal river ice; Zone 2 vertical ice occurring causeway to Dover; Zone 3 and 4 where ice produced travels upstream; Zone 5 ice-free.
- Winter and summer conditions require different models for Petitcodiac.
- Modelling of ice conditions requires three components: ice generation, transport of drift ice and subsequent stranding.
- In mid-winter generated, transported and stranded volumes of ice depend on estuary width and length.
- During melting, need to model ice sediment interaction and evaluate sediment-laden ice.
- Changes in salt/freshwater volume changes heat input and hence the ice regime.

3.8 - Data Collection Session

3.8.1 - Tides in Bay of Fundy - Charlie O'Reilly

- World's highest tides with a range of 16.3 m occur in Minas Basin, Nova Scotia.
- Bay of Fundy tidal ranges are increasing.
- Scouring of ocean bottom appears to be up to 40 m off Cape Enrage.
- Subdued perigean spring tides are predicted from 2003 to 2008 minimizing any impacts of storm surges.

- Most recent bathymetry survey for Petitcodiac estuary chart was in 1941.
- Datums are to be harmonized worldwide to lowest predicted tide NAD83.
- Datum "very unsure" at Moncton.
- Need to install tidal recording stations in the estuary to understand tidal characteristics.

3.8.2 - Hydrographic Survey of Petitcodiac – Jean-Claude Vautour

- Complete surveys of Petitcodiac are available from 1861, 1991, and 2001.
- Consist of 33 cross-sections of the river about 1.5 km apart.
- Done from causeway to Shepody Bay.
- Recent data are referenced to geodetic survey. The 1861 survey has an unknown reference.
- Vertical accuracy of recording depth sounders depends on sediment, speed of sound, tidal correction and transect position.
- Only 2001 data available in x, y, z digital format.
- No salinity profiles available.

3.8.3 - Remote Sensing - Tim Webster

- RADARSAT - gives land cover characteristics in all weather conditions, cost \$650 per 100 km^2.
- RADARSAT 2 – as above but uses vertical and horizontal beam.
- Ikonos – less than 1 m resolution, cost \$39 per km^2. Data cheaper from archive.
- QuickBird – 0.7 m resolution, cost \$75 per km^2.
- LIDAR – surface heights at 3 m point spacing and +/- 15 cm vertical accuracy, wet, smooth mud not a good target, need fair weather, cost minimum \$20,000.
- CASI – programmable bands, need geometric corrections, cost \$28 per km^2.

3.8.4 - Data Acquisition in Estuaries - Gary Bugden

- Deployment and recovery of instruments is difficult in muddy environments.
- Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) can be oriented in up, down or horizontal positions. Problems with distortion of echo in freshwater layer and fluid mud layer.
- Flow though systems are available to measure sediment and salinity.
- Conductivity-temperature-depth (CTD) probes may become clogged with sediment.
- Need to test to see what instruments work in the Petitcodiac estuary.
- Don't have enough field data to even look at model design.
- Older data collection methods for more types of data may be best and can involve the general public.

3.8.5 - Panel Discussion - Data Collection Session

- High frequency depth sounder may show fluid mud in Petitcodiac. Low frequency may show the bottom. Difference between the two could give you fluid mud layer.
- High frequency Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) might work better than lower frequency instruments in the Petitcodiac.
- Bottom tracker combined with digital global positioning system could be used to measure mudflow.
- Gamma attenuance array can look at high turbidities, and has been used in Bay of Fundy and in Holland.
- Density stratification in Petitcodiac may be due to sediments and not salinity.
- Riverview Fire Department is willing to provide free use of boat for data collection.
- Datum uncertainty to which not only tidal water levels, but also bathymetry are measured is a source of modelling problems.

3.9 - Breakout Sessions #2

3.9.1 - 2A – What is the best and most economical means of data collection for modelling? Facilitator – Dr. Carl Amos

- The data you need depends on the model you are using.
- Need to collect and collate bathymetric data.
- Need water level measurements (tidal bore, hydrodynamics) from at least three points over time.
- Need to collate freshwater discharge information.
- Need short-term detailed measurements at key sites at key times.
- Also need long-term measurements at key sites to get seasonal variations of factors such as velocity and turbidity.
- Could put a camera on radio tower beacon to take time-lapse photographs of river. Little danger of losing or damaging equipment.
- Geometry of the channel will be affected by ice.
- Start simple!

3.9.2 - 2B – How can experimentation with the gate operations be a viable means of data collection? Facilitator – Denis Haché

- A barrier with a door is an opportunity not usually found in other estuaries.
- Some sort of experiment is required to: fill specific data/knowledge gaps (e.g. bank stability in the near-field), to do extensive data mining of collected

information to further understanding, and to see if models are believable and support model decision-making.

- Need to know limitations that would be imposed on gates as part of the Environmental Impact Assessment, otherwise experiment likely to fail.
- Understanding of existing situation (sediments) should be done before any experiment. Need to understand the existing processes.
- If experiments are done, do extensive monitoring of all parameters because the information base is so limited.
- If Memramcook causeway gates were opened first, this could be used as a smaller scale test to monitor changes.

3.9.3 - 2C – How can data collection be optimized for modelling? Facilitator – Tim Milligan

Process:

1. Basic data.
2. Conceptual model.
3. Additional data.
4. Refine model.
5. Repeat 3 and 4.

- Data mining and fundamental data collection is required to develop conceptual models. Develop a step-wise model with feedback from ongoing data collection.
- For hydrodynamic models need: tide, current, channel profile (time dependent), boundary conditions, river discharge (flow conditions, water level), density structure (total suspended solids, salinity, temperature), synoptic measurements.
- Sediment dynamics: concentration, settling velocity, erosion.
- Temporal/spatial evolution of parameters: seasonal effects (ice, biology), sediment budget, close interaction with hydrodynamics.
- Use historic channel data to start a simple model?

3.10 - Case Studies Session – Other Experiences on Estuary Modelling

3.10.1 - Recent Experiences in Modelling Cohesive Sediment Transport - Dr. Doug Scott

- Can waste time on "battle of the modellers" arguing about who has best scenario. A model is only a tool to understand the processes. You also need to look at the field data in some detail.
- It is critical to have integrated team approach.
- Use more than one sediments testing facility when determining basic characteristics.
- Define boundary conditions (otherwise too much variability).

- Need to integrate models and measurements to come up with solutions.
- Changes to Petitcodiac estuary need to be controlled with ongoing monitoring, modelling, and evaluation.

3.10.2 - Erosion Modelling – Implications for the Petitcodiac - Dr. Michael Davis

- Models are needed - large and small-scale and 1- and 2-D for both hydrodynamics and morphological factors.
- Need to measure, experiment, and talk to people who know river and look at historical analysis (e.g. Bray papers).
- Do some quick and early field work (for example on erodability, characteristics, roughness, size of flocs etc.).
- Fieldwork is essential. Use Gunningsville Bridge, or work from shore near Chateau Moncton.
- Difficult to determine sediment characteristics in Petitcodiac estuary.
- Use data mining to set boundaries for flow and sediment.
- Publicize the data and the science to build credibility.

3. 11 - Breakout Sessions #3

3A, 3B and 3C - What modelling approaches would be suitable for the Petitcodiac?

3.11.1 - 3A – Should nested models be considered? (Group discussed modelling approaches). Facilitator – David Willis

- Models can now be used to model hydrodynamics, wind, ice, gate operations, pollutants, but not sediment. An approach would be usually a 1-dimensional model leading to 2-dimensional horizontal model. Use finer grid in area of interest.
- To model sediment, erosion, deposition, transport, bank erosion, use a 2-dimensional vertical model leading to a 3-dimensional model.
- To model the tidal bore, a physical model (on site?) may be required. Numerical models of the bore will need to be at least 2-dimensional horizontal model.
- To model ice, a 2-dimensional horizontal model for ice transport and jams, and a conceptual model of winter processes including sediments are suggested.
- For prediction of long-term geomorphology, a 1-dimensional model may be considered. See paper on conceptual equilibrium in Bray, DeMerchant and Sullivan 1982.
- Numerical hydraulic models of the Petitcodiac will require a 'grid spacing' of 10 m to 25 m in the channels and mudflats of the area of interest, and 250 m to 300 m in Shepody Bay. Finite-difference models can achieve this by nesting

3.11.2 - 3B – What modelling accuracy is reasonable for an estuary such as the Petitcodiac? Facilitator – Dr. Graham Daborn?

Need a model that is conceptually accurate.

Issues:

- What is role of suspended load in affecting fluid load and mixing?
- What is role of salinity stratification?
- What is role of tidal asymmetry?
- Can water property measurements be related to seasonal changes in channel?
- What is role of ice?
- What is role of biology?

Need to measure cross sections of channel, topography, total suspended sediments, density, salinity, velocity, erodability etc.

3.11.3 - 3C – How long should data collection and modelling take? Facilitator – Doug Bliss

Modelling approaches:

- Use smart people experienced with Petitcodiac problems.
- Start to measure things. Data will indicate conceptual models.
- Use gradual, step-wise approach to modelling.

3.12 - Summary of Workshop. Facilitators - Doug Bliss and Dr. Michael Chadwick

Something has to be done to increase the basic understanding of processes in the Petitcodiac River/estuary and we have to be smart about what we do. We need to stop speculating, because there is no basic information or understanding.

Common Themes of the Workshop:

- Poverty of basic information.
- Winter regime has different effects.
- Look at simple approaches first.
- Look at entire system from the headwaters to Bay of Fundy.
- An inter-disciplinary approach is key.
- Use the community for monitoring.

- The sky is the limit when it comes to modelling approaches (i.e. modelling approaches can go from the simple to very complex).
- Use model(s) appropriate for question(s) asked.

3.13- Conclusions and Possible Next Steps

3.13.1 Conclusions

- Dedicate time and effort to mine existing data to increase understanding.
- Basic characteristics need to be extensively monitored during four seasons. Characteristics such as: temperature, salinity, turbidity, distribution of sediments, grain size, mud properties – shear, strength, consolidation of beds, nutrients, bathymetry, tides, water levels, ice distribution, biological inventories…
- Develop conceptual model first.
- Use simple model approach: 1-D, box, experiment, and physical.
- Evaluate and add levels of complexity if appropriate.

3.13.2 - Possible Next Steps

Note: The possible next steps stated below are:

- *not binding on the Environmental Impact Assessment process,*
- *not of equal importance or value,*
- *have not been tested for validity, and*
- *have not been subject to formal evaluation.*

In order to initiate work on the Petitcodiac, invest 10 % of budget for preliminary analysis and data collection. Items to be considered in the **short-term** could include the following:

- Create an inter-disciplinary science and engineering team.
- Develop a conceptual model of the estuary.
- Test to see if instruments (conductivity temperature depth probes (CTD), Optical Backscatter (OBS)) work in the muddy waters of Petitcodiac.
- Initiate field measurements of turbidity, temperature, salinity, and depth at two stations below causeway.
- Digitize aerial photos that define where the river has been.
- Create data bases of existing data and information.
- Create a web site on the Petitcodiac River/estuary and update information regularly to keep everyone informed.
- Figure out what needs to be done before resources are allocated for more data collection, interpretation, and modelling.

On the **longer term** the following could be attempted:

- Obtain tidal information at mouth of river. Costs to install another tidal gauge would be about $25,000, including other instruments to measure salinity and temperature.
- Look at good bathymetric survey data from Petitcodiac. Conduct another survey.

- Create an impartial evaluation committee to allocate money, give advice and to provide peer review. Could follow the example of Hudson River Foundation, www.hudsonriver.org.
- Invest some money with groups that could help with monitoring.
- Ensure workshop participants are contacted for advice on fieldwork and where to start.

APPENDIX A

RECOMMENDATIONS OF THE ORGANIZING COMMITTEE FOR THE PETITCODIAC RIVER/ESTUARY MODELLING WORKSHOP

RECOMMENDATIONS OF THE ORGANIZING COMMITTEE FOR THE PETITCODIAC RIVER/ESTUARY MODELLING WORKSHOP

[as submitted to the Proponent of the environmental assessment process]

Moncton, New Brunswick, Canada
March 3 to 5, 2002

A Workshop to discuss the technical feasibility and cost-effectiveness of modelling estuarine hydrodynamic and sediment processes to evaluate future physical characteristics of the Petitcodiac River and estuary was held at the Hotel Beauséjour in Moncton, New Brunswick, from March 3 to 5, 2002. The Workshop was organized by Environment Canada and Fisheries and Oceans Canada with the assistance of the New Brunswick Department of Transportation and the New Brunswick Department of the Environment and Local Government and was attended by more than 65 people, including estuarine scientists from Canada, United States, Britain, Belgium, and Denmark, as well as government scientists and other observers.

The Workshop involved presentations and discussion among engineers and scientists invited to share their knowledge on physical aspects of rivers and estuaries, and to recommend how best to study and predict water flows, sediment behaviour, and other physical processes under various scenarios. Scientists and engineers expressed varying opinions concerning the modelling and associated data collection. Different scientific and engineering backgrounds, differing experiences with numerical modelling and data collection, and different levels of knowledge concerning the Petitcodiac River/estuary were reflected in the opinions expressed and suggestions made during the Workshop. Most visiting scientists did agree that the combination of very large tides, the cold environment and the high concentration of sediments presented unique challenges to modellers that had not been found in other estuaries in the world.

During the Workshop, scientists and engineers expressed varying opinions concerning the modelling and associated data collection. Different scientific and engineering backgrounds, differing experiences with numerical modelling and data collection, and different levels of knowledge concerning the Petitcodiac River/estuary were reflected in the opinions expressed and suggestions made during the Workshop. Despite differing opinions expressed, the Organizing Committee believes that certain general conclusions and recommendations can be made based on the results of the Workshop.

Common Areas of Agreement at the Workshop

- An enormous deficiency in very basic information exists, including information on tides, currents, salinity, sediment properties (grain size and shear stress plus other chemical and biophysical properties), the ice regime, and erosion processes.

- The combination of very large tides, the cold environment, and the high concentration of sediments present unique challenges to understanding and potentially modelling the physical processes.

- Physical processes and conditions during the winter months, primarily the effect of ice on channel morphology, are poorly understood, but must be considered in the environmental assessment of a proposed project.

- To understand both far-field and localized effects, it may be necessary to consider the entire estuarine/riverine system and oceanographic processes in the Bay of Fundy/ Gulf of Maine.

- An inter-disciplinary team consisting of engineering and scientific experts would be needed to effectively understand the unique Petitcodiac River/Estuary system.

- Simple approaches should be used to develop a basic understanding of the estuary system before considering more complex analyses or methodologies.

- The knowledge base about macrotidal estuarine systems should be increased by the publication of data and study results.

Conclusions of the Organizing Committee

The Organizing Committee formulated and unanimously agrees to the following conclusions:

- An understanding of the physical processes throughout the year is critical to the assessment of environmental conditions that presently exist or would exist if changes were made to the causeway and/or its gates.

- The link between hydrodynamics and sediment in fluid mud regions is not well understood.

- Additional data collection is essential to compensate for serious deficiencies and gaps in the information presently available on tides, currents, and sediment properties, the ice regime, and characteristics of the water column. Regardless of the type and scope of any future modelling efforts, additional data collection would be necessary to adequately assess the potential environmental implications of any proposed changes at the Petitcodiac causeway,

- Since existing data related to physical processes may be relevant to the development of a better understanding of estuarial processes, it should be synthesized and reviewed in order to improve the level of understanding of the Petitcodiac River/estuary system. New data should be incorporated into the knowledge base as it is collected.

- As a first step, the development of conceptual models for different processes would provide useful guidance when planning and carrying-out data collection and numerical modelling.

- Numerical modelling would be a useful tool in environmental impact assessment for the Petitcodiac River/estuary, but would require additional data and an understanding of the interactions between the hydrodynamics and sediments in highly turbid environments.

- If based upon scientifically valid objectives and test criteria, experimental openings of the existing gates in the dam/causeway could provide opportunities for acquisition of additional data for modelling purposes. The experiments should only be carried out if adequate arrangements for data collection have been established.

- Any proposed or implemented changes at the Petitcodiac causeway would require ongoing monitoring, modelling, and evaluation.

Recommendations of the Organizing Committee

Based on the Workshop on Petitcodiac River/Estuary Modelling, as interpreted by members of the Organizing Committee who have considerable combined experience with the Petitcodiac River/estuary, the following recommendations are made:

1. A strategic plan describing the overall study approach should be prepared and adopted, including a gradual and incremental data collection and modelling approach. A step-wise approach involving data collection and modelling, such that data can be used to modify and improve subsequent modelling efforts, should be done.

2. Expertise and resources should be dedicated to synthesize existing information in order to begin the process of the development of conceptual models of the estuary. (See Table 1)

3. Baseline data collection of water elevations and river channel cross sections should continue.

4. Preliminary information gathering and testing of data collection equipment and approaches (see Table 2) should be done prior to the finalization of the terms of reference for detailed assessment involving modelling work.

5. A major data acquisition program should be launched to understand the basic characteristics of the tides, currents, sediments and their properties, the ice regime, and standard physical, chemical and biological characteristics of the water column and benthic layer of the estuary and river during all seasons of the year. This should be done in accordance with the strategic plan.

6. Different models with appropriate levels of complexity should be used depending on the questions to be answered. Modelling approaches should progress from simple to more complex models as required. An incremental approach involving data collection and interpretation to modify and improve subsequent modelling efforts should be considered.

7. Boundary conditions should be well defined and will likely be different for models developed to address specific issues.

8. As a first step, a mass balance type approach (conceptual models) should be considered followed by a one-dimensional hydrodynamic model. This should be implemented before any more detailed hydrodynamic, sediment or water quality modelling is considered.

9. A one-dimensional hydrodynamic model extending seaward from Salisbury to Hopewell Cape should be considered before any more detailed hydrodynamic, sediment or water quality modelling.

10. The proponent of the environmental assessment process should consider different modelling approaches with suggestions identified in Table 3, remembering that further data collection is essential for modelling and that modelling is an important tool in interpreting data for future scenarios.

11. A central warehouse for the sharing of data and information should be established. This would be an important component for the environmental assessment process as well as the ongoing scientific inquiries within the Petitcodiac River/estuary.

This report is submitted on behalf of the members of the Petitcodiac Workshop Organizing Committee.

Table 1: Opportunities for Further Analyses of Existing Information

Analyses	Comments	Cost and Priority
	Aerial Photography and Remote Imaging	
Digitize aerial photography to produce digital shorelines for comparison purposes.	This includes 1945 survey of Petitcodiac from above headpond to Shepody Bay and 1965 survey of Shepody Bay.	$ 10,000 to $ 30,000; 2 months Low cost /medium priority
	River Cross-Sections	
Previous Gunningsville surveys to be transferred in xyz coordinates and estimates made of flow areas and sediment volumes.	Information required for future assessment and modelling	Medium cost and medium priority
	Gate Operation Logs	
Analysis of gate operation and water level logs.	Causeway gate operation logs should be changed from paper to electronic spreadsheet to ease analyses. Work would likely be very useful for modelling.	Overall cost in the order of $ 4,000 to $ 6,000 Low cost and high priority.
	Water Level Records	
Water levels	Analyze water level data below the dam/causeway for tidal characteristics Analyze water level data above causeway.	Low cost/ medium importance

Table 2: Immediate Data Collection Needs

Proposal	Comments	Priority and Cost
	Tides & Currents	
A tidal gauging station at Hopewell Rock	Required for future modelling.	Cost of about $25,000 **Medium cost/ high priority**
Current velocity measured from Gunningsville bridge.		Medium cost/ moderate priority
	Basic Oceanography of the Water Column	
Physical -- Turbidity, temperature, salinity, suspended solids, etc	Required for modelling. First requirement is to test equipment in the Petitcodiac turbid, high velocity and high tide range environments.	Cost of about $15,000 Low cost/high priority
Bio-chemical Properties – algae, zooplankton, nutrients, bacteria etc.		Cost unknown /moderate priority
	Sediments and Sediment Properties	
In-situ and laboratory testing of sediment characteristics	Required for modelling. Need profile, interface and testing. Basic characteristics of the sediments – flocculation rates, viscosity, grain size, shear strength, etc. Required before hiring modeller.	Cost unknown Could be in the order of about $30,000
	Cross Sections	
Cross-section survey	A survey is required to understand and measure the volume of sediment flushing associated with freshet events. This should be done during high tide conditions (last week of April 2002). The use of LIDAR could be considered.	Cost unknown.
	Water Levels	
Water Levels	Satellite and cellular telemetry should be considered for the existing stations to reduce the possibility of data loss. A new water level board at the gate should be considered in the future to help improve recording of gate operation.	Moderate cost, high usefulness and high priority

Table 3: Suggested Possible Modelling to Assess Changes Resulting from Modification at the Petitcodiac Gate Operation or Openings in the Dam/Causeway

Proposal	Type of Model	Comments
Suggested initial modelling.		
Basic Understanding	Conceptual Model	"Box models" required prior to numerical or physical modelling; basically the first step of any modelling effort
Oceanography of the Bay of Fundy		To assess general tide and current processes
Hydrodynamics	One-dimensional model leading to a two-dimensional horizontal.	Calibrate for roughness. Use finer grid in area of interest.
Possible subsequent modelling.		
Water Quality	One-dimensional model	Probably an add-on to the hydrodynamic modelling
Ice runs and ice jams	One-dimensional model	Tidal and non-tidal sections of the river would have to be considered.
Tidal Bore	At least 2-dimensional horizontal.	Requires more field data; difficult to model
Sediment erosion, deposition, transport, bank erosion	Two-dimensional vertical possibly leading to 3-dimensional.	
Winter processes affecting banks	Empirical approaches may be required and interpretations made based on results of hydrodynamic models	Important and cannot be ignored. Difficult to model; requires field observations and measurements over two winters and during varying flow and tide conditions Opportunities for research
Long-term geomorphology	Conceptual equilibrium e.g. Bray, DeMerchant and Sullivan 1982. One-dimensional longitudinal.	General trends could be estimated for different scenarios.
Gate flow conditions	Physical models (flume-type) One-dimensional model	Relatively easy to do, but does address many of the issues concerning changes to the river. Potentially useful in providing input to numerical models.

APPENDIX B

WORKSHOP SCHEDULE

Petitcodiac River/Estuary Modelling Workshop

Date: March 3 - 5, 2002

Location: Delta Beauséjour Hotel, Moncton, New Brunswick, Canada

Organized by:

Environment Canada
Department of Fisheries and Ocean

with the assistance of the

New Brunswick Department of the Environment and Local Government
New Brunswick Department of Transportation

Saturday March 2, 2002

Arrivals from national and international locations

Sunday March 3, 2002

10:00 to 12:00 - Registration Desk Open
12:00 to 13:00 - Free time - lunch on your own
13:00 to 17:00 - Tour of the Petitcodiac River and Estuary

Monday March 4, 2002

8:30 to 9:00	Registration Desk Open
9:00 to 9:15	Welcome and overview of workshop expected results - **Dr. George Finney**
9:15 to 9:45	The Physical Environment of the Petitcodiac - **Denis Haché**
9:45 to 10:00	Overview of March 1999 modelling feasibility report - **David Willis**
10:00 to 10:15	Refreshment Break
Hydrodynamics Session	
10:15 to 10:30	# 1 - Hydrodynamic Modelling of Complex Flow Conditions - **David Willis** for **Norm Crookshank**
10:30 to 10:45	# 2 - Vertical dispersion mechanisms of salt and sediments in the estuary flows - **Dr. Noboru Yonemitsu**
10:45 to 11:00	# 3 - High resolution finite-element modelling of areas with drying inter-tidal areas - **Dr. Dave Greenberg**
11:00 to 11:15	# 4 - Effluent dispersion into estuarine environments - **Jochen Schroer**
11:15 to 11:30	# 5 - Overview of Candidate Model Approaches for Petitcodiac - **Andrew Driscoll**
11:30 to 12:00	Panel with questions from the floor Panel Chair/Questioner: **David Willis** Assistant/ Recorder: **Doug Bliss**
12:00 to 13:00	Lunch
Sediments Session	
13:00 to 13:15	# 1 - Cohesive Sediment Transport in Estuaries - **Dr. Krish Krishnappan**
13:15 to 13:30	# 2 - Sediment behavior in turbid environments - **Tim Milligan**
13:30 to 13:45	# 3 - Time and Density-Dependent Properties of Near-Bottom Fine Sediment Suspensions **Dr. Richard Faas**
13:45 to 14:00	# 4 - Sediment Budget estimates in Chignecto Bay - **Dr. Carl Amos**
14:00 to 14:30	**Panel with questions from the floor** Panel Chair/Questioner: **Dr. Graham Daborn** Assistant/ Recorder: **Lindon Miller**
14:30 to 15:15	**Breakout Group Discussions #1** 1A· How do we overcome a limited knowledge of cohesive sediments in modelling efforts? **(Tim Milligan)** 1B. What are the important parameters for modelling purposes? **(David Willis)** 1C. What will be some of the challenges in modelling the Petitcodiac estuary? **(Dr. Spyros Beltaos)**
15:15 to 15:45	Refreshment Break
European Models/ Case Studies Session chair: **Gary Bugden** Recorder: **Ole Mikkelsen**	
15:45 to 16:15	# 1 - European cohesive sediment transport models - **Dr. Erik Toorman**
16:15 to 16:45	# 2 - Estuarine Modelling Methods and Projects - **Dr. Ole Petersen**
Evening Activities	
16:45 to 18:30	Free time
18:30 to 21:00	Meeting the scientist, modellers and proponents - Dinner at Fisherman Paradise (Dieppe) with keynote speaker: **Dr. Graham Daborn** - ...where angels fear to tread

Tuesday March 5, 2002

Special Tidal Processes Session	
8:30 to 8:45	# 1 - Tidal asymmetries, mixing processes and particle trapping in stratified estuaries - **Dr. Bob Chant**
8:45 to 9:00	# 2 - Operational Prediction of Storm Surges and Flooding - **Dr. Hal Ritchie**
9:00 to 9:15	# 3 - Winter Processes - **Dr. Brian Morse**
Data Collection Session	
9:15 to 9:30	# 1 - Tides and Water Levels in the Upper Reaches of Fundy - **Charlie O'Reilly**
9:30 to 9:45	# 2 - Hydrographic Channel Survey - **Jean-Claude Vautour**
9:45 to 10:15	Refreshment Break
10:15 to 10:30	# 3 - High resolution remote sensing mapping of estuarine environments - **Tim Webster**
10:30 to 10:45	# 4 - Problems Acquiring Representative Water Current Data in Muddy Rivers/Estuaries - **Gary Bugden**
10:45 to 11:30	**Panel with questions from the floor** (2 sessions - Tidal and Data) Panel Chair/Questioner: **David Willis** Assistant/ Recorder: **Ron Hudson**
11:30 to 12:30	**Breakout Group Discussions #2** 2A. What is the best and most economical means of data collection for modelling? **(Dr. Carl Amos)** 2B. How can experimentation with gate operations be a viable means of data collection? **(Denis Haché)** 2C. How can data collection be optimized for modelling? **(Tim Milligan)**
12:30 - 13:30	Lunch
Additional Models/ Case Studies Session chair: **Gary Bugden** Recorder: **Ole Mikkelsen**	
13:30 to 14:00	# 1 - Recent Experiences in Modelling Cohesive Sediment Transport - **Dr. Doug Scott**
14:00 to 14:30	# 2 - Recent experience in river flow and erosion modelling - applicability to the Petitcodiac River **Dr. Michael Davies**
14:30 to 15:30 Coffee and refreshments in the rooms	**Breakout Group Discussions # 3** - (4 questions --- 3 groups) 3A. What modelling approaches would be suitable for the Petitcodiac? Should nested models be considered? **(David Willis)** 3B. What modelling approaches would be suitable for the Petitcodiac? What modelling accuracy are reasonable for an estuary such as the Petitcodiac? **(Dr. Michael Chadwick)** 3C. What modelling approaches would be suitable for the Petitcodiac? How long should data collection and modelling take? **(Doug Bliss)**
15:30 to 16:45	9 reports on breakout sessions and open discussion Breakout sessions reporting summary and synthesis - **Doug Bliss** Final words - **Dr. Michael Chadwick**

APPENDIX C

ABSTRACTS OF PRESENTATIONS

[listed in order of presentation at the Workshop]

History and Physical Environment of the Petitcodiac

-

Denis Haché

Introduction and background session – presentation #1

***Note**: Elevation measurements are in meters above Geodetic Survey of Canada datum.*

In the 1960s three sites were assessed for the causeway location.

1. in front of Place Champlain, a few hundred metres downstream of Halls Creek, five km downstream of the existing causeway,
2. about 1.5 km upstream of Gunningsville bridge (about 500 m downstream of causeway), and
3. about 400 m upstream of existing causeway.

Site no. 1 was not chosen because of the need to provide a navigation channel from the ocean to the existing downtown wharf. The assumption was made that sites 2 or 3 would not result in any significant mud deposition and therefore there would be no impact on navigation. The causeway location was chosen between sites 2 and 3.

Causeway construction started in February 1966 with the following design parameters:

- 5 sliding gates 9.1 m wide by 6.3 m high.
- Gate floor elevations at –1.5 m and ceiling at + 4.8 m.
- Headpond normal operating level at +3.5 m elevation.
- Small high tide range of 4.5 m, average range of 6.2 m., and large range of 7.6 m.

Mud accumulation started immediately upon construction and the extent of mud accumulation was always to the limit of construction. In the fall of 1967, mud accumulation upstream and downstream of the gate was in the order of 6 m deep. The top of the mud was about 1.5 m to 2 m higher than the design headpond normal operating level.

From February 1968 to May 1968, the five causeway gates were left continuously opened to cut through accumulated mud.

At the proposed causeway site no.1, about 5 km downstream of the causeway, the river was narrowed from 680 m in 1961 to 285 m in 1968 to 90 m in 2001. During that time, the bottom of the channel (thalweg) rose from –3.6 m (1961) to +3 m elevation in November 2001.

The causeway gates were designed to leak both ways and that leakage was more than the average monthly flow of the river for most months. The owner decided to operate the headpond from about +6.1 (following freshet) to +2 m elevation (after extended low flow). This resulted in significant salt-water intrusion and mud deposition immediately upstream of causeway.

The causeway gates and the fishway were modified in 1981 to allow for a normal operating level of 6 m. The headpond was dewatered on many occasions for significant periods of time to install infrastructure in the headpond or to help with fish passage. The headpond was operated much lower than the normal operating level on a seasonal basis and on different occasions to protect headpond shoreline from erosion.

In 1988, salt water was allowed in the headpond by keeping anywhere from one to five gates continuously opened for six weeks in the spring and one gate continuously opened for 6 weeks in the fall. In April 1988, five gates were opened during spring freshet and spring tide resulting in a maximum headpond water elevation of about 5.3 m (lower than normal operating level).

Analysis of estuary cross section surveys taken in the fall of 1991 and spring of 1992 show a downstream mud accumulation of about 120 x 10^6 m^3 since construction. Headpond volume below elevation 6.1 m was reduced by about 12 x 10^6 m^3. (from 23 x 10^6 m^3 to 11 x 10^6 m^3).

Monitoring conducted between 1998 to present show that the mud accumulation in the first 2 km downstream of causeway varies from -4 m following spring freshet to +5 m following extended low flow periods usually end of summer.

The survey of November 2001 showed a significant mud accumulation of about 16 x 10^6 m^3 since 1991. Most of sediment deposition was downstream of Halls Creek. The biggest increase was in the bottom 10 km of Petitcodiac estuary located some 30 km downstream of causeway (about 25% increase in river bottom sediment since 1991).

Winter ice conditions (border ice buildups) have resulted in a reduction of the river width during the winter in the first 3 km below causeway from about 120 m down to 20 m wide.

Overview of March 1999 Modelling Feasibility Report

David Willis

Introduction and background session – presentation #2

A hydronumerical model of the Petitcodiac River/estuary would study the physical results of reopening the causeway at Moncton, New Brunswick, constructed in 1968. Such a model is on the edge of 1999 cohesive sediment modelling ability, because:

1. Length (55 km) and narrow width (50 m) of the present low water channel, dictate a fine grid spacing and large number of grid points;
2. Suspended sediment concentrations of the order of 10,000 mg/l result in rapid deposition rates;

3. A tidal bore on the flood implies current velocities of 3 to 6 m/s; and,
4. Erosion processes in the estuary appear to be 'bank erosion' of the steep face of the low water channel banks.

Causeway strategies to be modelled include, but are not limited to:

1. Existing causeway gate operation — the 'status quo' option;
2. Optimize gate operation;
3. Gate removal — fully open;
4. Breach-and-bridge causeway — optimize breach; and,
5. No causeway — pre-1968 conditions.

A questionnaire was sent to 18 numerical modellers, particularly to those in Canada who would be likely to participate in the modelling of the Petitcodiac River/estuary asking them to assess the current state of numerical modelling, with particular reference to the Petitcodiac. From the five completed returns, and comments by others, modelling was determined to be feasible. As a result, specifications and terms of reference were presented for the model study and its field data requirements.

Conclusions

1. Numerically modelling the hydrodynamics, sediment erosion and deposition and floating ice in the Petitcodiac River/estuary is at the 1999 leading edge of feasibility.
2. Modelling will cost less than $350,000 and take less than 20 months to complete.
3. The fieldwork required by the model will cost about $600,000, and should be undertaken between March and October to catch the freshet, ice and sediment flushing, open water, large tides, and autumn storms.
4. Overall project cost will be less than $1,000,000, with a duration of less than two years.

Recommendations

1. Government agencies, in Canada and abroad, may be the best source for modelling, because of the model development required, and the fact that government agencies are willing to absorb part of the development costs.
2. Similarly in Canada, only universities and government agencies currently have experience with the specialized field and laboratory tests required by these models. The fieldwork should be put in the hands of a consortium including: the Acadia Estuarine Research Centre, Geological Survey of Canada - Atlantic, and the National Water Research Institute.
3. As soon as the Petitcodiac mud has thawed in 1999, the Acadia Estuarine Research Centre should carry out a fluid mud susceptibility test on mud and water, regardless of timing of the rest of the project.

Hydrodynamic Modelling of Complex Flow Conditions

David Willis for Norm Crookshank

Hydrodynamics session – presentation #1

(no abstract available)

Vertical Dispersion Mechanisms of Salt and Sediments in Estuary Flows

Dr. Noboru Yonemitsu

Hydrodynamics session – presentation #2

There is a great need in water quality management for reliable numerical models that are capable of predicting the consequences of any changes in estuarine systems. Indeed, models capable of predicting the transport of both dissolved and particulate constituents are the basis of the water quality assessment.

The reliability of model predictions depend on the accuracy with which the physical processes, which have to be simulated, are specified. Unfortunately, estuarine flows are unsteady, have non-uniform turbulent motions, and density differences generally play an important role. These factors contribute significantly to the transport of momentum, heat, and mass, and influence both velocity profiles and the distribution of dissolved and suspended matter. These turbulent processes are highly variable in both space and time, and are highly site-specific. Because of these factors, it is practically impossible to calculate the turbulent transport processes precisely. As such, it is vital to continue to investigate and identify dominant physical processes such as internal waves and hydrodynamic stability. Research of this type will not only allow us to achieve a greater understanding of turbulent transport mechanisms, but will ultimately allow us to make more accurate predictions. This will also allow us to verify current theories with experimental and field measurements.

In the presentation one of these physical processes, hydrodynamic stability, is provided as an example. An important issue is how internal waves (such as Kelvin-Helmholtz and Holmboe waves) influence the production of turbulent energy, and how this turbulent energy affects the vertical dispersion/transport of any constituents. Recently, much

attention has been given to this phenomenon in estuaries, where measurements can be made using acoustic devices.

It can be concluded that the fine sediment transport in the Petitcodiac River/estuary may be a very complex process, and will depend on a large number of influencing factors. Insight into the physical processes involved is necessary before sediment transport can be reliably predicted. Unfortunately, quantification of these processes in the Petitcodiac River/estuary has not yet been made. Therefore, it is highly recommended that a basic monitoring program be initiated before any modelling studies are conducted.

High Resolution Finite-Element Modelling of Areas with Drying Inter-tidal Areas

-

Dr. Dave Greenberg

Hydrodynamics session – presentation #3

Numerical studies centered on the Bay of Fundy are being done with a specially developed three-dimensional finite element computer circulation model. This model divides the geographic domain up into triangles. The variable resolution feature of the finite-element model makes it well suited for covering a wide domain of influence with the required detail in areas of interest needed to resolve local characteristics. The model also has the capability of simulating wetting and drying of inter-tidal areas. Although the generic model code has the capability of including boundary forcing, internal water density and surface winds as current driving forces, the present applications concentrate on the tide, using boundary forcing by the principal diurnal lunar component, M2, which in this area gives a good representation of the mean tide.

Work in the Quoddy region of New Brunswick has centered on tidal properties, residual circulation, and particle tracking. The latter investigations included mixing, dispersion, and differences in particle trajectories depending on depth in the water column. Recent work focuses on diagnostics for specific research interests such as the minimum sustained current for continued oxygen supply and benthic processes. It is hoped that future funding will permit extension of the model to examine more tidal constituents, meteorological forcing and fresh water and salinity influences. Other studies looking at the full Bay of Fundy, have examined the nature of changing tidal constants with rising sea level and the inundation of low lying areas from the combination of high tides and storm surges.

Effluent Dispersion into Tidal Environments

Jochen Schroer

Hydrodynamics session – presentation #4

Opening the Petitcodiac dam/causeway and changing the estuary regime of the Petitcodiac will likely result in changes to the water quality of the estuary. Those changes may require predictive modelling, similar to the modelling of changes in hydraulics and sediment transport. Water quality is affected by the discharge of wastewater from the wastewater treatment plant. The Moncton Sewerage Commission operates a primary wastewater treatment plant at Point Park, Moncton. The effluent from 100,000 houses is passed through the plant and the treated effluent is discharged into the Petitcodiac near Outhouse Point.

Mixing of effluent into estuarine waters is conceptualized by near-field and far-field mixing theories. In the near-field, the energy resulting from momentum flux and buoyancy flux is dissipated. In the process, clean ambient water is entrained into the plume, resulting in dilution. In the far-field, the effluent plume is transported with the ambient current and mixing occurs due to dispersion and diffusion. Typically, a wastewater plume rises until the plume is neutrally buoyant and then spreads uniformly throughout the water column. Suspended solids settle out at some distance from the outfall.

To improve near and far-field mixing, diffusers can be installed. Diffusers divide the effluent flow into several small discharges, each leaving through a single pipe nozzle. To compute effluent dilution in the near and far-field, several mixing models are available. In the example shown the Cornell University mixing model was used for the near-field plume predictions. The RMA 2 and RMA 4 models were used for computing dispersion and dilution in the far-field. To optimize the design of the diffuser, a one-dimensional pipe network model was applied.

The example from the Miramichi River Estuary illustrates the process used for finding the optimum outfall configuration for the outfall at the new Chatham wastewater treatment plant. In order to meet water quality guidelines for the protection of a bathing beach on Middle Island, three outfall locations and several outfall configurations were tried. The resulting concept involves installing a diffuser at ten-metre water depth near the old sewage treatment plant. The diffuser was optimized to provide high discharge velocities and relatively small discharge quantities near the shore.

The principles of effluent dilution are applicable to both the Miramichi and the Petitcodiac estuaries, even though the two estuaries are very different in terms of tidal

regime and wastewater discharges. Slide 18 summarizes the major features of the two treatment plants and the two estuaries.

Overview of Candidate Modelling Approaches for the Petitcodiac River/estuary

Andrew Driscoll

Hydrodynamics session – presentation #5

The purpose of this presentation is to discuss in general terms the types of numerical models which may be applicable to studying the complex environmental issues in the Petitcodiac River / estuary. For illustration, several uncalibrated models have been established for the Bay of Fundy / Petitcodiac area.

Model Dimensions

The complexity and computer demands of a model system increase with the number of resolved dimensions. Most basic is the 1D (cross-section network) model. While offering a simplistic description of geometry and physics, 1D models are computationally efficient and thus capable of long-term simulations.

At the opposite end of the spectrum are 3D models, which offer a detailed description of the flow and processes, but are often limited in spatial and temporal coverage due to high CPU requirements.

Types of Model Grids

Numerous types of horizontal grid descriptions are available. The "classical" rectilinear grid can be established with minimal effort, but offers no flexibility in tailoring grid resolution where needed. This can be addressed in large part by dynamically nesting multiple grids.

Curvilinear grids offer a greater ability to focus resolution, and are well suited for modelling sinuous channels and meanders. They also offer an improved description of flow close to land.

An unstructured (finite element) grid offers the greatest flexibility in tailoring resolution.

Implementation of Relevant Mechanisms

Of central interest to the Petitcodiac study are several issues that are unrelated to the dimensions and grid type in the model. Among these are the implementation of mechanisms such as flooding and drying, supercritical flow, and hydraulic structures.

Flooding and drying can be addressed either by altering the characteristics of dried cells (marsh porosity, slot technique) or by adding / removing cells in the model domain as water levels change (point removal).

Supercritical flow can be handled by suppressing convective terms in order to avoid model instabilities at high Froude numbers.

Structures cannot in general be modelled directly, and are normally parameterized as a source-sink point on either side of the structure, where the flow is determined by an empirical or semi-empirical relationship.

Summary

The working Term of Reference for the project as distributed for discussion at the workshop is ambitious and far-reaching. A hybrid application of multiple tools (1D, 2D and 3D) will be required to address all issues.

Cohesive Sediment Transport in Estuaries

–

Dr. Krish Krishnappan

Sediments session – presentation #1

An overview of modelling approaches for cohesive sediment transport in estuaries is given. It includes the two modelling approaches that are currently available in the literature. The first approach considers the flow region into separate layers such as suspension layer, fluid mud layer, partly consolidated bed layer and fully consolidated bed layer, and solve different governing equations for each layer. The sediment fluxes that transfer sediment between layers are to be specified to these models by making use of empirical relationships that are established for site-specific sediments. The second approach, which is still considered to be in the research stage, considers the flow region as a single layer and solves a two phase flow equation to define the concentration profile in the estuary from the free surface to the stationary bed. This modelling approach requires information on floc properties such as floc size, density, settling velocity, rates of aggregation and disaggregation and effective stress etc. The above information has to be obtained also by direct measurement for site-specific sediments.

Experimental facilities of the National Water Research Institute at Burlington, Ontario, capable of measuring the sediment fluxes between different layers and the floc properties of cohesive sediment are described. These include the rotating circular flume, in-situ particle size analyzer, and the in-situ erosion flume. The rotating circular flume is suited for measuring the erosion and deposition rates for site-specific sediment, rate of consolidation of the fine sediment deposit, floc size, density and settling velocity of the flocculating sediment. The in-situ particle size analyzer is useful for measuring the size distribution of the sediment in suspension and the in-situ erosion flume is suitable for measuring the critical shear stresses for erosion and the erosion rates of the sediment from the bed.

Sediment Behavior in Turbid Environments

Tim Milligan

Sediments session – presentation #2

Extremely rapid deposition of fine-grained sediment has been observed near an artificially created channel between the Edisto and Ashepoo Rivers in South Carolina. Accumulation rates on the order of 0.05 m/month formed a region of fluid mud known as the 'Mud Reach' that was present during a study carried out in May 1998. Image analysis of photographs of the suspended sediment showed that the water column was populated by flocs with a median diameter on the order of 0.3 mm which tended to remain in suspension over the tidal cycle, and flocs on the order of 0.8 mm with calculated settling velocities on the order of 1 cm/s which remained in the near bottom region except at maximum values of shear velocity, u^*. Disaggregated inorganic grain size analysis of the suspension and samples from a core collected in the Mud Reach indicated that the accumulation of material on the bottom was the result of floc settling and that in spite of high u^* values, little sorting of this material was occurring. These results are consistent with laboratory investigations of fine grained sediment settling which show that maximum deposition of flocculated sediment occurs under high concentration, low turbulence conditions. In the Petitcodiac, extremely rapid settling can be expected to occur as a result of the high sediment load and low turbulence that occurs at slack water. These conditions will promote the creation of fluid mud, further decreasing bottom stress. A feed back mechanism is thus created which can result in accelerated trapping of fine sediment in the Petitcodiac Estuary as shown by the rapid and continuing accretion of the mud flats at Moncton.

Time and Density-Dependent Properties of Near-Bottom Fine Sediment Suspensions

Dr. Richard Faas

Sediments session – presentation #3

Of particular importance to tidal environments, these properties are quite sensitive to tidal asymmetries and are found in suspensions ranging in density from 1.02 to 1.20 mg/m^3 (10 to 480 g/l). The properties of yield stress, shear thickening and thinning, thixotropy, and "apparent" viscosity all appear to be related to settling time and density development during periods of slack water. A short slack water period will produce a newly settled muddy deposit of low density, little yield stress, and low thixotropy which will be easily resuspended due to shear thinning flow and be transported on the flooding or ebbing current. Conversely, longer slack water times will allow the same sediment to consolidate to a greater density, acquire a significant yield stress, resist resuspension by shear thinning flow, and remain close to the bottom through a significant portion of the tidal cycle. Modellers should become aware of these peculiarities and the situations within which they occur in order to predict the accumulation and buildup of particles carrying pollutants and/or creating shoals and flats which may necessitate frequent dredging.

The Sediment Budget of Chignecto Bay

Dr. Carl L. Amos

Sediments session – presentation #4

The Chignecto Bay system (inclusive of the Petitcodiac River/estuary) is dominated by silts and clays that move principally in suspension. The origin of this fine material is the floor of Chignecto Bay (7.3 x 106 m3/a) largely due to bed erosion caused by the amplification of the tides over the last 4,000 years (Amos et al., 1991). This massive addition of material to the water column is manifested in the exponentially-decreasing mean concentration (C) in suspension down-estuary and has lead to the formation of extensive salt marshes and mudflats at the head of the Bay: most of these have been reclaimed, thus removing the natural sink of sediment. The distribution of material in suspension is controlled by both the tidal flows and by storm wave activity. The tidal asymmetry (as well as the difference in the rate of change in current speed between high and low water) balances the headward transport of sediment with the seawards dispersion due to eddy diffusion, secondary circulation (Tee and Amos, 1991), and freshwater discharge (Amos and Tee, 1989). Wave activity disrupts this balance causing changes to C which have several effects: firstly, changes in C have a direct effect on the threshold for

deposition and on the mass deposition rate, which in turn alters the residual movement of material; secondly, changes in gradient in C have a direct effect on the mass balance down-estuary: if the exponential gradient becomes steeper, sediment is flushed seawards; if the gradient is becomes more shallow, then sediment is moved landwards. Ice formation and break-up has a similar, if not larger, effect on this balance, which has a massive influence on seawards diffusion. In this presentation, I will review the budget of sediments in Chignecto Bay over seasonal, annual, and millennial time-scales and attempt to relate this to the volumes locked within the Petitcodiac mudflat and discuss which factors are important in controlling this budget.

References

Amos, C.L. and Tee, K.T. 1989. Suspended sediment transport processes in Cumberland Basin, Bay of Fundy. Journal of Geophysical Research 94(C10): 14,407-14,417.

Tee, K.T. and Amos, C.L. 1991. Tidal and buoyancy-driven currents in Chignecto Bay, Bay of Fundy. Journal of Geophysical research 96(C8): 15,197-15,216.

Amos, C.L., Tee, K.T. and Zaitlin, B.A. 1991. The post-glacial evolution of Chignecto Bay, Bay of Fundy, and its modern environment of deposition. In D.G. Smith. G.E. Reinson, B.A. Zaitlin and R.A. Rahmani (eds) Clastic Tidal Sedimentolgy. Publ. Canadian Society of Petroleum Geologists 16: 59-90.

European Cohesive Sediment Transport Models

Dr. Erik Toorman

Case Studies Session – European Experiences – presentation #1

Cohesive sediment transport models have been developed in Europe since the 1980s. For engineering purposes they were originally 2-dimensional depth-averaged horizontal (2DH). The evolution of the complexity of the models is directly linked to the progress in hardware capabilities and numerical solvers. Since the mid 1990's extensive efforts have been made to develop 3D hydrostatic models. This allows the description of vertical processes, including turbulent exchange, stratification, and flocculation. Recently there is a trend to remove the restriction of hydrostatics, in particular for stratified flow conditions. A continuous-phase approach is used, which is justifiable as long as concentrations remain smaller than 1% by volume, which usually is the case, except near the bottom, where concentrated suspensions or fluid mud layers can occur.

The major European software packages in use are Delft-3D (Delft Hydraulics, the Netherlands), MIKE3 (Danish Hydraulic Institute, Denmark) and Telemac (Laboratoire Nationale d'Hydraulique et Environnement, France, in collaboration with HR Wallingford, U.K., and SOGREAH, France). They comprise various modules, e.g. for

hydrodynamics, waves, sediment transport and water quality. These models are very robust at the cost of accuracy due to the introduction of artificial diffusion to achieve numerically stable calculations.

Efforts are continuously undertaken to improve the model performances. Collaboration between the major commercial, governmental and university research units has been funded in part by the European Commission under their Marine Science and Technology (MAST) programme. The projects G6/8M Coastal Morphodynamics (in part), 3D-Models and COSINUS have been focusing on Cohesive Sediment Transport (CST) models.

In the COSINUS project several weaknesses in the present models on the parameterisation of various processes have been investigated. Important improvements on the modelling of sediment-turbulence interaction and the occurrence of concentrated benthic suspensions have been achieved. The latter has resulted into a new module for fluid layers in Delft-3D. No significant progress was made regarding the modelling of settling velocity and erosion. Flocculation can be described well by a structural kinetics model, but its calibration is cumbersome. The modelling of erosion remains the weakest part of the model, and probably always will due to the large uncertainty on the corresponding model parameters. Further progress is also to be expected in the modelling of near-bottom effects where high concentrations and laminarisation occur, which are important for improving the estimation of sediment exchange with the bottom.

Within the framework of the G8M and COSINUS project a few model intercomparison exercises have been cared out. The first one, where laboratory flume tests were simulated, illustrated the difficulty of erosion modelling, which could be attributed to a great extend to the lack of knowledge on the bed structure and strength, despite vane strength and density profile data. The COSINUS test cases were academic without experimental reference data. The various models deviate more and more from each other with increasing sediment loading. Differences can be explained, at least partly, by artificial effects generated by the numerical schemes and by the procedure for modelling the near bed layer.

Time and length scales play an important role in the decision-making regarding the modelling approach. The sediment transport models, as discussed above, can be applied at an acceptable computational cost to problems of time scales up to typically a spring-neap cycle. Particularly long-term predictions (i.e. years or decades) require many simplifications and alternative approaches. There is no general consensus on how to do this. Two recent case studies are briefly discussed as an illustration.

In the Netherlands a feasibility study is being conducted on the possible construction of a new international airport on an artificial island to be built in front of the coast. This so-called Flyland project consists of various studies, including the impact of the island on hydrodynamics, morphology, sediment and nutrient transport along the Dutch coast, with special concern for the environmental impact on the Wadden Sea, a large coastal nature

reserve of international importance, extending into Denmark. Hydrodynamics is computed with Delft-3D for one spring-neap cycle and subsequently repeated to compute transport processes using a 4-layer 3D grid. This implies that many coupling effects cannot be considered. Corrections for seasonal variation in several parameters and fluxes are accounted for. The uncertainty on the results is large due to many factors.

The second case concerns Mont Saint-Michel in France, a small granite rock island with historic monastery and village, near the coast at the border of Normandy and Brittany, which is a UNESCO world heritage and important tourist attraction. Due to land reclamation in the past, the closed causeway to the island and gate complex on the Couesnon River, the island tends to lose its marine character due to rapid accretion of the neighbouring salt marshes. An investigation has been carried out to modify the hydraulic structures in order to restore and preserve the original character. The time frame here was 50 years. A totally different approach has been adopted. The study has been carried out with a physical scale model, in combination with a numerical model (Telemac). The latter was used to determine boundary conditions for the physical model and to simulate various short-term conditions, such as the flow field and turbidity distribution in the final situation. The physical model has been calibrated with the use of historical data, going back 50 years, and results from the numerical model.

The interpretation of the Cohesive Sediment Transport (CST) model results has to be done with great care, being aware of the limitations of the model. The uncertainties on the results are high due to large physical and numerical model uncertainties, data uncertainties and model parameter uncertainties, which can be attributed to the complex nature of natural sediment transport, for which the large variability in space and time cannot be accounted for in detail. Furthermore, time and budget restrictions put limitations on measurement data and CPU. Nevertheless, CST models have proven to predict the right trends at least qualitatively.

References

Toorman, E.A. (2001). Cohesive sediment transport modelling: European perspective. In: Coastal and Estuarine Fine Sediment Processes (W.H. McAnally & A.J. Mehta, eds.; Proc. INTERCOH'98, Seoul, May 1998), pp.1-18, Elsevier Science, Amsterdam.

Internet Resources

http://www.bwk.kuleuven.ac.be/bwk/cosinus/cosinus.html
http://www.dhisoftware.com/mike3/
http://www.delft3d.com/soft/d3d/index.html
http://www.telemac-system.com/gb/default.html

Examples of Estuary Models and Projects

Dr. Ole Petersen

Case Studies Session – European Experiences – presentation #2

The environment in tidal estuaries is generally the result of a dynamic balance between tides and surges, riverine runoff and the sea salinity, local meteorological conditions, the topography and sediment fluxes and deposits. It is further characteristic, that salt and freshwater meets within the estuary, commonly creating a relatively complex stratified situation. On longer timescales, the topography itself may adjust to the prevailing regime of waves, currents, and sediment fluxes, thus contributing to the delicate balance that establishes the estuary. Further, the interest and usage of estuaries by society are diverse and often conflicting. Quantitative understanding and modelling of such a dynamic environment can therefore be a challenging but often necessary task.

Sediments in estuaries may range from coarse riverine sediments in the upstream part, which are moved by occasional events, to masses of fine marine sediments, which change position with the tidal cycle. Therefore, the processes affecting the estuary occur on a wide range of time- and length scales. This should be recognized in the modelling such that focused models address separate problems, in order to utilize the resources at hand most efficiently.

Today, a number of models exist which are based on assumptions ranging from 1D steady-state models, that can describe the long term development of complete river systems, to detailed 3D models describing accurately the flow and transport around complicated structures. The models usually comprise hydrodynamics, some baroclinic effects, water quality and sediment transport. Some of these models are summarized in Table 1, based on DHI's model system.

1D models (MIKE 11) Width and depth averaged networks. Long-term simulations in rivers or narrow estuaries of water levels and morphological effects. No baroclinic effects
2DH models (MIKE 21) Depth averaged, Cartesian or unstructured. Medium range simulations of water levels water quality, sediment transport and morphology.
2DV models (MIKE XZ). Laterally averaged
3D models (MIKE 3) Cartesian or unstructured. Short – medium range simulations of baroclinic effects, turbulence, pollutant transport, local flows
3D models (NS3). Full Navier-Stokes on curvilinear grids. Local effects around structures and gates on flows and sediment transport.
Undistorted physical models. Local flow effects and scour gate operations.

Table 1. Examples of Models and Possible Application Types.

The purpose of modelling can be many, for example:

- Provide predictions of future situations, where data does not exist;
- Provide consistent comparisons between scenarios; and/or
- Establish a consistent understanding of a base of observations and assist in defining monitoring programs.

The ability of the model to fulfill this depends, among other things, on the modelling uncertainty, which can be related to the model equations and solution, to uncertainty in the observations used for calibration and to inaccuracies or relevance to the specific situation of the data used for calibration.

Tamar Estuary Study

The Tamar Estuary, UK, is a 40 km long macro-tidal estuary on the south coast of England, which contains a distinct turbidity maximum. As part of the European Union (EU) funded COSINUS research project an extensive study, comprising field observations and modelling, was made to validate 3D models of cohesive sediment transport. One significant development was identification and modelling of high concentrated mud layers, formed at calm periods of the tidal cycle.

Loire Estuary Study

This is a macrotidal estuary, approximately 100 km long with tidal range of up to 5 m. A distinct turbidity maximum exist, containing an estimated 1.5×10^6 m^3 of suspended sediment with peak concentrations in the order of 1 g/l. Associated with the suspended sediment are significantly increased oxygen demands.

The purpose of the study has been to establish decision support for the development of restoration strategies for the estuary, comprising among other things, navigational issues, water quality, effects on the natural and urban environments, fish habitats and agricultural uses.

The approach has been the development of a one-dimensional network model, based on MIKE 11, for flow, sediment transport and morphology and water quality. The model was intended, on one hand, to resolve the tidal cycle and the development of a significant tidal asymmetry up through the estuary and on the other hand, to predict the effects after up to 40 years. The 1D model was assisted by several two-dimensional models, addressing local details as bank erosion or effects of alternative dredging schemes.

Mühlenberger Loch, Lower Elbe

The Elbe is a tidal estuary, with a tidal range up to 3 m and some 50 km long from Cuxhaven to the weir at Geesthact. The estuary is the approach to Port of Hamburg and contains considerable amounts of suspended fine sediments.

The purpose of the study was to estimate possible effects following re-opening of a river branch, Alte Süderelbe, entering the environmentally sensitive area of Mühlenberger Loch. The opening was planned to be through two gated structures, thus the study also addressed development of operation strategies for the gates, with respect to flood protection and containment of contaminated sediments.

For the study, a two-dimensional local model of the river branch and the Mühlenberger Loch was developed, describing spring-neap cycles of sediment exchange through the gates, morphology and used for optimization of the gate operations. A 1D model was used to assess long-term evolution of water quality and siltation.

Tidal Asymmetries Mixing Processes and Particle Trapping in Stratified Estuaries

Dr. Bob Chant

Special Tidal Processes Session – presentation #1

Observations in the Navesink River estuary in northern New Jersey demonstrate that buoyancy augments the particle trapping tendencies of flood-dominated systems, because these estuaries heighten tidal period asymmetries in stratification. During the long and slow ebb, which typifies flood-dominated systems, a positive feedback between tidal straining and weak vertical mixing stratifies the estuary. In contrast, during flood, turbulence generated by the stronger tidal currents augments overstraining of the density field and the water column becomes well mixed. The tidal period asymmetries in stratification have profound effects on the vertical structure and transport of suspended matter. During ebb weak vertical mixing allows suspended material to settle downward. In contrast, strong turbulence during flood mixes suspended matter into the water column where it is transported up estuary. Furthermore observations reveal that resuspension events are marked by multiple turbidity spikes, suggestive of multiple limited layers of erodible material. The transport of the turbid waters is consistent with horizontal advection modified by horizontal dispersion. Relatively low levels of turbidity also mark periods of enhanced stratification during the ebb, consistent with more complete settling of suspended material following times of high river discharge.

The interplay between buoyancy and tidal asymmetries are further elucidated with a one-dimensional numerical model featuring a turbulent closure scheme and a passively settling tracer. Model results are generally consistent with the field observations, both emphasizing the robust particle trapping tendencies of a stratified flood-dominated estuary. We speculate that enhanced particle trapping following times of high river discharge may have important biological consequences.

Shipboard and moored data were also presented from the Hudson River Estuary to demonstrate the movement of sediment on both tidal and seasonal time scales. As in the

Navesink trapping of sediment is observed over regions of enhanced stratification. However, as the stratification varied with river discharge sediments delivered down stream by the April spring freshet begins moving upstream as river flow reduces and stratification moves upstream. A region of enhanced trapping occurs in the vicinity of a channel contraction where an increase in the horizontal salinity gradient traps suspended material in horizontally converging flows.

Operational Prediction of Storm Surges and Flooding

Dr. Hal Ritchie

Special Tidal Processes Session – presentation #2

For about twenty years the Meteorological Service of Canada (MSC), through the Maritimes Weather Centre (MWC) in its Atlantic (MSC-A) region, has had the responsibility of advising the public when the combination of a high tide and an intense storm produces a risk of higher than normal water levels that may flood some coastal areas. The tides are easily predicted due to their periodic nature, but in the past no numerical model guidance has been available to forecast the additional "storm surge" component of sea level that is caused by the weather systems.

A team of oceanographers at Dalhousie University (Dal) has recently developed a storm surge forecast system for the east coast of Canada. The system is based on a two-dimensional barotropic model that is forced by atmospheric surface pressure and winds. As a collaboration within the Atlantic Environmental Prediction Research Initiative (AEPRI) this system has been transferred from Dal to MWC where it has been implemented as Canada's first operational storm surge prediction system. The operational system is forced by three-hourly atmospheric surface pressure and wind provided by the MSC operational regional weather forecast model and produces storm surge predictions up to 48 hours in advance. The transfer included a preliminary evaluation (as a "hindcast" study) for the period September 1996 to February 1997 and another evaluation for the period October 18 to December 6 1999 when the system first started running at MWC. The system soon demonstrated its potential by producing very accurate forecasts for the January 21, 2000 severe storm surge event that caused considerable coastal flooding and damage in Prince Edward Island (PEI) and eastern New Brunswick. Storm surge prediction specialists in MWC have since produced a storm surge alert system that automatically warns the forecasters when predicted coastal total water levels (surge plus tide) exceed predetermined site-specific thresholds that have been chosen to reflect varying degrees of expected flood damage.

The system was "put to the test" by an event predicted for November 7, 2001 when stage 1 thresholds were forecast to be exceeded in some locations in northern PEI. MWC forecasters were able to successfully identify which areas would be flooded and alert the Emergency Measures Office (EMO) in PEI, who notified the affected areas and

monitored the situation as it unfolded. As a result of this inter-agency cooperation, some property damage was avoided.

This storm surge prediction system has also been used to examine the increasing probability of flooding due to storm surges in a changing climate. The presentation will include some results from the study by Thompson et al., 2001.

References

2001 K. Thompson, H. Ritchie, N. Bernier, J. Bobanovic, S. Desjardins, P. Pellerin, W. Blanchard, B. Smith and G. Parkes: "Modelling Storm Surges and Flooding Risk at Charlottetown", Appendix 2, Report on Climate Change Action Fund project CCAF A041 - Coastal Impacts of Climate Change and Sea-Level Rise on Prince Edward Island.

Winter processes in estuaries

Dr. Brian Morse

Special Tidal Processes Session – presentation #3

Very little is known about ice processes in estuaries. To respond to this need, at the suggestion of B. Burrell (New Brunswick Department of the Environment and Local Government) in 1998, the Canadian Committee on River Ice Processes and the Environment (CRIPE) formed a study group under B. Morse. The study revealed that there are three known types of winter estuaries: (1) James Bay (tides in the order of 50 cm); (2) Estuaries emptying into the St. Lawrence River (tidal range 2.5-3.5 m); (3) Bay of Fundy estuaries (tidal range 11-14 m). For type 1, the most important consideration is the increase in the extent of the fresh water plume under ice conditions otherwise ice processes are the same as those found in normal rivers. For type 2, such as the Portneuf estuary near Forrestville, ice processes are completely dominated by the tides: there is cracking, stacking, ridging, flooding and jamming – all related to the tides. In turn the ice significantly affects water levels at low tide, dramatically changes the vertical distribution of the current and diminishes the water exchange over a tidal cycle. Ice-water-salinity-temperature dynamics are very complicated.

The Petitcodiac is a type-3 estuary and has been documented in a 1998 report by R. Hudson and V. Partridge at the 2001 CRIPE Ottawa Workshop and which also described some biological processes. However, by far the most authoritative work is presented by Desplanques and Bray (Canadian Journal of Civil Engineering, 1986): They describe 5 ice zones: (a) upstream of the causeway, there is sheet ice; (b) from the causeway to Dover, the channel is dramatically reduced in area (easily 50%) by ice cake depositions forming shear vertical walls; (c) from Dover to Hopewell Cape, there is ice formation and ice cake transport towards zone 2; (d) there is an ice production zone in the shallow delta having salt concentrations less than 27.4 parts per trillion – this ice is transported up the

estuary on the flood tide; (e) finally there is the deeper coastal area that is characterized by very little ice formation.

During the winter, ice in the Petitcodiac protects the mud from erosion. It also shelters the biota in the mud from freezing temperatures. During the melt period, ice cakes can locally transport significant pieces of mud (along with its contents). Ice accumulated in the channel substantially reduces the hydrodynamics particularly in zone 2 (just downstream of the causeway), modifies currents and may increase salt content.

A conceptual and/or empirical thermodynamic-hydraulic model of ice formation (particularly in zone 2) is recommended to provide boundary conditions for the hydrodynamic and sediment models during the winter months. During the spring, a thawing/sediment slumping model identifying sources and sinks should be considered to feed into the sediment models (noting that the timing of the melt in relation to the freshet is very important in predicting whether there will be erosion of banks or erosion of the bed). Finally, it may be important to have a simple thermodynamic model to account for the Moncton sewage outfall (roughly estimated at 100 MW), changes in temperature and salinity so that the correct values can be used to estimate flocculation dynamics (required in the sediment transport model).

Of course field measurements are required to support these models: In addition to talking to knowledgeable people (data mining), field techniques should rely on video taping and measurements of conductivity-temperature-depth profiles using probes and currents using Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP) and video tracking.

Tides and Water Levels in the Upper Reaches of Fundy

Charlie O'Reilly

Data Collection Session – presentation #1

The upper reaches of the Bay of Fundy experience the highest tides in the world, yet these phenomena are not nearly as well known as popularly believed. Primarily this is because they are not well measured at these locations due to the great difficulties imposed by the large tides. Most tidal knowledge comes from very short observational data sets, typically lasting from several days to perhaps a few months. The only permanent tide gauge in Canadian Fundy waters is operational in Saint John, New Brunswick. Data from this site indicates that the large tides are getting larger still, over and above sea level rise. At the heads of the Bay, there is a great paucity of data to yield any light on long-term behavior. This presentation illustrates what is known, what is not known, and what measures are required to bridge this gap. At present, extreme high water thresholds can be only estimated to within a half-meter at best (a full meter in some locations). Ancillary issues such as the tidal bore phenomena are briefly discussed, as are natural hazards issues such as flooding due to storm surges and accelerated sea level rise.

Special emphasis is given to the Petitcodiac estuary, which is an extremely dynamic situation where the large tides greatly affect the river and the river greatly affects the tides.

Hydrographic Surveys of the Estuary and River Channels

Jean-Claude Vautour

Data Collection Session – presentation #2

A series of sections across the Petitcodiac River/estuary have been taken since 1979 mainly by the New Brunswick Department of Transportation (NBDOT). In 2001, the federal department of Public Works & Government Services Canada (PWGSC) carried out for the federal and provincial authorities the same survey scheme. A total of 33 sections span the 35 km of river channel, from the Petitcodiac causeway downstream to the mouth. The data for all 33 sections were only collected in 1991 and 2001. All other surveys only covers a segment of the river and in most cases are in the upper portion of the estuary.

The Petitcodiac estuary has very large tidal fluctuations, strong currents, and very high sediment concentrations in the water column. In the upper section of the estuary, the muddy river bottom almost completely dries out leaving only 2 to 3 hours of survey time per day. Also, crane must be used to launch survey boats, although a boat launch from the beach is possible at high tide at Belliveau Village wharf when working in the lower section of the estuary. All these factors make data collection hazardous and challenging. Due to the high concentration of sediments in the water column, only 33 khz echo sounders can reasonably track the bottom.

All section data has been referenced to the Geodetic Survey of Canada 1st order control network (CGVD28). A dense network of monuments in Moncton, Riverview and along Route #114 to Hillsborough was used for the surveys by the NBDOT and PWGSC. Prior to 2001, tidal elevation was collected by determining directly the elevation of the survey vessel by range-bearing method. In 2001, a real-time kinematic global positioning system (RTK GPS) was utilized. Vertical accuracies of approximately 0.25 m prior to 2001 and 0.20 m in 2001 should be expected for the cross-sections. The sub-bottom penetration of the low frequency echo sounder is a factor that may add to the uncertainty of detecting the true bottom surface.

The horizontal reference datum is based on the Canadian Spatial Reference System North American Datum 83 (CSRS NAD83). The map projection used is the Universal Transverse Mercator (UTM) zone 20. A large number of provincial monuments along both sides of the river were used for the surveys. The horizontal positioning for the work carried out prior to 1997 used range-bearing and bearing-bearing method where the echo sounder paper trace was marked and reduced manually. Horizontal accuracy of about 1 to

2 m is to be expected using these methods. For the survey of 1997 and the following years, all the positioning was done by RTK GPS. The data was logged electronically and HYPACK was used to post-process the data. Horizontal accuracy achieved would be in the order of 0.05 m. The users of the section data should also be aware that the surveyed lines were generally zigzagging within 2 m of the theoretical line and that the boat could have been offline by as much as 5 m in some instances.

The data collection on the Petitcodiac River/estuary is a challenge due to the many environmental constraints where instrumentation and personnel are pushed to their limits. Good planning and experienced staff are essential to succeed on the unforgiving Petitcodiac River.

High Resolution Remote Sensing Mapping of Estuarine Environments

Tim Webster

Data Collection Session – presentation #3

This presentation was intended to introduce remote sensing technology that may be applicable for high-resolution mapping in the estuarine environment. Both satellite and airborne systems were presented involving both active sensors such as synthetic aperture radar (SAR) on board; RADARSAT-1 and laser altimetry from LIDAR, and passive sensors such as Landsat and the Compact Airborne Spectrographic Imager (CASI). High-resolution satellite imagery from Ikonos and QuickBird were also shown for estuarine environments. Some of the areas that remote sensing could aid in the mapping requirements for the Petitcodiac hydrodynamic modelling project were presented including: channel location, landcover (salt marsh, mudflat, etc.), temporal change detection (i.e. channel migration), and detailed topography acquired at low tide. Example datasets were shown from the research group's repository of imagery, many concentrating on the Nova Scotia side of the Bay of Fundy in the Minas and Annapolis Basin estuaries that have some similar characteristics as the Petitcodiac e.g. mudflats, salt marsh, etc. Images acquired at different stages of the tidal cycle were used to demonstrate how the land-water boundary could be extracted to give information on the intertidal geomorphology of the estuary. LIDAR acquired at low tide offers the best potential to produce detailed topographic information of the estuary. A wide range of prices and services exist in the industry for such a survey. The research group, from their recent coastal studies involving such technologies, has learned valuable lessons related to issues such as contract data specifications and suitable environmental conditions for data collection. A list of data providers and a price breakdown of the different technologies was presented at the conclusion of the presentation. Prices vary depending on the volume of data and the availability from an archive.

Sensor	**Price (Cnd. Dollars)**
Landsat-7	\$ 0.29/km^2
RADARSAT	\$ 0.07/ km^2 (Federal Government rate)

Ikonos	\$ 39/ km^2 (multispectral and panchromatic)
QuickBird	\$ 75/ km^2 (multispectral and panchromatic)
CASI (HDI)	\$ 28/ km^2 (dependent on study area size)
LIDAR (Mosaic Mapping)	\$ 425/ km^2 (dependent on study area size)
LIDAR (Terra RS)	\$ 51/ km^2 (dependent on study area size)

Acquiring Representative Physical Oceanographic Data in Muddy Rivers/Estuaries

-

Gary Bugden

Data Collection Session – presentation #4

Some examples of the nearshore studies undertaken by Coastal Ocean Sciences (COS) at the Bedford Institute of Oceanography (BIO) are examination of aquaculture impacts (northern Prince Edward Island), determination of the fate of industrial contaminants (Sydney, Nova Scotia) and general studies in support of Integrated Coastal Zone Management (Bras d'Or Lakes, Nova Scotia). Three types of instrumentation are typically used in these studies to make physical oceanographic measurements such as water currents and the vertical and horizontal distribution of water properties. These are Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP's), Conductivity Temperature Depth probes (CTD) and a novel flow-through system that pumps water through a series of sensors onboard a small vessel. Because of shallow depths, high currents, elevated suspended particulate matter loads and mobile bottom sediments the Petitcodiac system presents unique challenges not encountered in other regions. Methods used for instrument deployments in other regions are inapplicable and in some cases it is not clear if the instruments themselves will function properly. Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) technology is particularly appropriate to the questions at hand as, in addition to currents, depth and some indication of the SPM load are also obtained from the instrument. Some suggestions for a physical oceanographic sampling program are discussed and the point is made that it is important to get out and measure something rather than sit around engaging in "unbridled speculation".

Recent Experiences in Modelling Cohesive Sediment Transport

-

Dr. Doug Scott

Case Studies Session – Other Experiences on Estuary Modelling – presentation #1

This presentation provided a summary of recent project experience in numerically simulating the erosion and deposition of cohesive sediments in both riverine and estuarine environments. Keys issues and observations with relevance to the Petitcodiac estuary were drawn. Two of the examples presented included the numerical modelling of

the morphological change and fate of contaminated sediments in the Fox and Sheboygan Rivers in Wisconsin.

In addition, an example of a fast-track design/build project for navigational channel construction within a muddy estuary located in Malaysia was shown. Accurately simulating the fate of estuarine sediments is a critical aspect of the project, and the outline of an integrated modelling and field measurement approach was presented.

The potential variability of defining the cohesive sediment properties in rivers and estuaries was discussed. It is recommended that a range of sediment testing be conducted for the Petitcodiac investigation that involves a variety of laboratories and testing techniques. Accurately defining sediment boundary conditions is also a critical aspect of the modelling procedure, and can lead to much uncertainty in the modelling results.

The importance of developing an integrated team with expertise in numerical modelling, field measurement, and river/estuary geomorphology was stressed, as was the importance of conducting the modelling and field campaigns in repetitive fashion at increasing levels of sophistication. The Petitcodiac modelling should be initiated at a simplistic level and build in complexity as knowledge of the estuary is developed.

It was noted that numerical modelling will not eliminate the uncertainty associated with modifications to the Petitcodiac causeway, and that risks and impacts should be appropriately managed. This may mean that changes to the Petitcodiac estuary may need to be conducted in a controlled fashion with on-going monitoring, modelling and evaluation.

Recent Experience in River Flow and Erosion Modelling – Applicability to the Petitcodiac River

Dr. Michael Davies

Case Studies Session – Other Experiences on Estuary Modelling – presentation #2

(no abstract available)

APPENDIX D

CURRICULUM VITAE OF PRESENTERS

Dr. Carl Leonetto Amos

Southampton Oceanography Centre
European Way, Dock 4
Southampton, Hampshire
SO14 3ZH
UNITED KINGDOM

Email: cla8@soc.soton.ac.uk
Tel: 44-02380-596068
http://www.soton.ac.uk/~cla8/

Dr. Amos has made significant contributions to the sciences of applied and theoretical earth processes. His most significant contributions have been to quantify risks associated with mass movement, sediment stability, and gas escape within the Canadian and US oil and gas industry which he has applied to risk assessment of coastal and fluvial systems related to climate change. This has been achieved by design and construction of innovative technologies and numerical simulations that have been used in applied setting for identification/exploitation/management of natural resources and for sustainable development. He has worked in almost all natural environments (lacustrine, fluvial, coastal marine, continental shelf, and deep sea) and all climatic regions (Arctic, temperate, Mediterranean, and tropical) gaining a widespread knowledge and experience of global systems and their complexities. He has been chief scientist on over 30 scientific oceanographic cruises and participated in many others involving multi-disciplinary studies of earth systems – the latest of which (Euro-Delta and EUStrataform) are undertaken with the multi-institutional, multi-national flagship project of ONR. He has published 180 scientific papers and scientific reports on his work. He has lectured extensively in Canada, U.S., U.K., Italy, W. Africa, Argentina, and China. He has given courses in advanced geodynamics in Argentina, Brazil, China, Philippines, and Italy. Much of this work is reviewed in a special issue of Continental Shelf Research (1991) that he edited. For his work, he was awarded the APICS Distinguished Lecturer. Whilst in Canada he managed the Sediment Geodynamics Group at the première oceanographic institution of Canada (BIO) building on experiences gained as office manager for Woodward Clyde Consultants (a San Francisco based geoscience consultancy with offices world-wide) during the expansion of the Canadian offshore oil and gas industry.

Dr. Amos has worked extensively with universities, industry, and government around the world on applied environmental and engineering problems. He was responsible for the development of the LISP program: a multi-disciplinary study method to address environmental issues being adopted in U.K. (LOIS program in Humber estuary); western Canada (Fraser Delta pollution study); and Argentina (Bahia Blanca channel stability). He has operated as a UN Consultant to China, and an advisor to CIDA (Canadian Government) on oceanography in Argentina. He is a member of SCOR Group 106 on the

impact of sea level rise on muddy coasts. His present honorary roles include: the editorial boards of Estuarine, Coastal and Shelf Science and Journal of Coastal Research; member of the Research and Development Committee of SOC; member of Review Panel for EUROMARGINS, European Science Foundation; Board of Directors of School of Specialization in the Coastal Zone, Italy. Since moving to Europe he has won various EU-projects, UK national grants, and other awards having achieved a success rate for funding of 55%.

Gary Bugden

Fisheries and Oceans Canada
Oceans Sciences Division
Bedford Institute of Oceanography
PO Box: PO Box 1006
Dartmouth, Nova Scotia, , B2Y 4A2
CANADA

Email: BugdenG@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tel: (902) 426-5745

Gary Bugden received his M.Sc. in Physical Oceanography from Dalhousie University in 1976. He joined the Department of Fisheries and Oceans shortly afterward, working on the physical oceanography of the Gulf of St. Lawrence.

More recently he has been involved in several multi-disciplinary projects in the coastal zone, exploring the application of emerging technologies to coastal zone management issues such as aquaculture impact and industrial waste disposal.

Selected Publications

Strain, P.M., G. Bugden, M. Brylinsky and S. Denny. 2001. Nutrient, Dissolved Oxygen, Trace Metal and Related Measurements in the Bras d'Or Lakes, 1995 – 1997. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 1073: iv+52p.

Dowd, M., F.H. Page, R. Losier, P. McCurdy, and G. Bugden. 2001. Physical Oceanography of Tracadie Bay, PEI: Analysis of sea level, current, wind and drifter data. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2347: iii+77p.

Petrie, B., G. Bugden, T. Tedford, Y. Geshelyn, C. Hannah. 2001. Review of the Physical Oceanography of Sydney Harbour. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 215: vii+43pp.

Dr. Robert J. Chant

Institute of Marine and Coastal Sciences
Rutgers University
71 Dudley Road
New Brunswick, NJ 08901
UNITED STATES OF AMERICA

Email: chant@imcs.rutgers.edu
Tel: 732-932-7120
Fax: 732-932-3036

Undergraduate education:

State University of New York Buffalo, New York	B. S.	1985	Electrical Engineering

Graduate education:

State University of New York Stony Brook	M. S.	1991	Marine Science
State University of New York Stony Brook	Ph.D.	1995	Oceanography

Postgraduate training:

Rutgers University Institute of Marine and Coastal Science	1995-1998

Academic appointments:

1998-present	Assistant Research Professor, IMCS- Rutgers

Recent publications relevant to Petitcodiac River/Estuary Modelling Workshop.

Chant, R. J. (2001). Tidal and subtidal motion in a multiple inlet/bay system. *Journal of Coastal Research.* Special issue 31:102-114b

Chant, R. J. and A. Stoner. 2001, Particle trapping in a stratified flood-dominated estuary. *Journal of Marine Research.* 59:29-51

Chant, R. J., C. Curran, K. Able, S. Glenn. 2000. Delivery of winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) larvae to settlement habitats in coves near tidal inlets. *Estuarine and coastal Shelf Science.* 51:529-541.

Chant, R. J. and R. E. Wilson. 2000. Internal hydraulics and mixing in a highly stratified estuary. *Journal of Geophysical Research.* 106:14215-14222.

Chant, R. J. and R. E. Wilson. 1997. Secondary circulation in a highly stratified estuary. *Journal of Geophysical Research.* 102:23207-23216.

Norman L. Crookshank

Canadian Hydraulics Centre
National Research Council Canada
Bldg. M32, Montreal Road
Ottawa, Ontario K1A 0R6
CANADA

Email: Norm.Crookshank@nrc.ca
Tel: 613-993-6689

Norman Crookshank is a senior project engineer with the Canadian Hydraulics Centre (CHC) of the National Research Council of Canada (NRC) and currently heads the Environmental Hydraulics section of CHC. He has 33 years experience in coastal and environmental engineering, integrated computer systems design, and hydroinformatics. International experience includes projects in the United States, Thailand, Malaysia, Hong Kong, China, Senegal, and Madagascar. He has been on assignments in India as a consultant for United Nations Development Program and is currently an expert to the World Meteorological Organization.

Mr. Crookshank is a recognized leader in the development and application of a wide variety of numerical, physical, and hybrid models to solve problems associated with rivers, lakes, estuaries, and coastal areas. He has led project teams and consulted for many engineering and environmental studies that have predicted extreme waves and storm surge, simulated tidal and wave-induced currents, predicted flood routing and dambreak, and modelled wave agitation in harbours and marinas. Other studies include sediment scour and deposition, dredge spoil disposal, shoreline erosion, oil spills, water quality and pollution.

Mr. Crookshank has also been very active in the computer systems and informatics fields. He led the development of the first generalized experiment control, data acquisition and analysis system, known as GEDAP, for integrating and standardising physical modelling. GEDAP has been widely accepted and is being actively used in many laboratories throughout the world. For numerical modelling, he led the development of HYDA. HYDA used state-of-the-art computer technology to provide an innovative virtual reality environment for hydronumerical modelling. Presently, he is leading the development of a new PC-based integrated environmental simulation framework, EnSim. EnSim applications can be designed to run an individual model or a suite of models to provide

answers to problems for a wide range of environmental prediction and decision support systems such as flood forecasting or watershed management.

Mr. Crookshank has authored over 70 papers and publications, and lectured in India, Korea, France, Hong Kong, Thailand, Malaysia, and Canada on the subjects of modelling and integrated software systems.

Dr. Graham R. Daborn

Acadia Centre for Estuarine Research
Acadia University
War Memorial House, Rm. 142
Wolfville, Nova Scotia
CANADA

Email: graham.daborn@acadiau.ca
Tel: 902-585-1118 or 1113
Fax: 902-585-1054
http://ace.acadiau.ca/science/cer/gdaborn.htm

Ph.D. (Alberta) in Zoology. 1973
M. Sc. (Alberta) in Zoology. 1969.
B. A. (Keele) Dual Honours in Biology and English. 1966.

Dr. Daborn is Director of the Acadia Centre for Estuarine Research and a Professor of Biology at Acadia University. During the last 30 years, he has been involved in many kinds of research dealing primarily with aquatic ecosystems. Initially the research was with lakes and ponds; with emphases on the community structure and energy flow through the biological community. Since moving to Acadia University, he has worked extensively on estuaries, particularly the macrotidal estuaries of the Bay of Fundy system. The initial challenge was to address the environmental implications of tidal power. From 1976 to 1984, Acadia personnel were intricately involved in coordinating the Fundy Environmental Studies Committee, a consortium of more than 50 scientists from universities and government research institutions. When that program was terminated in 1984, the Acadia Centre for Estuarine Research was established to focus attention on estuarine environments. Our research studies have since covered the full range of topics in estuarine research, from the primary production of phytoplankton, benthic diatoms and saltmarshes, to the population dynamics, growth rates and feeding relationships of crustaceans, fish and birds. Special emphasis has been placed on the coupling between benthic and pelagic communities, and on the complex relationships between animals, plants and sediments. In addition to the science, the Centre is currently involved in many initiatives that link human interests with the scientific and academic community, particularly in addressing the consequences of change in coastal ecosystems. These include support for ACAP (Atlantic Coastal Action Program), the Bay of Fundy

Ecosystem Partnership (BoFEP), the Canadian Water Network, and the Atlantic Environmental Science Network (AESN).

Dr. Michael Davies

Pacific International Engineering Corp.
6557 Morningview St.
Ottawa, Ontario K1C 7H1
CANADA

Email: mdavies@piengr.com
Tel: 613-859-4600

After 17 years at the National Research Council's Canadian Hydraulics Centre, Dr. Michael Davies recently entered private practice to open the Ottawa office of Pacific International Engineering, a Washington-based consulting firm.

Dr. Davies is a licensed professional engineer with expertise in the physical and numerical modelling of coastal engineering problems. He has 17 years experience in the fields of coastal and hydraulic engineering providing innovative solutions to engineering problems for a wide range of private and public sector clients.

His project experience ranges from wave loading and scour protection for oil platforms in the Russian offshore to ship wakes and bank erosion problems in the St. Lawrence River.

Andrew Driscoll

DHI Water and Environment Inc.
8 Neshaminy Interplex, Suite 219
Trevose, PA 19053
UNITED STATES OF AMERICA

Email: amd@dhigroup.com
Tel: 215-244-5344
Fax: 215- 244-9977

Mr. Driscoll has an undergraduate degree in Physical Oceanography and a Master's Degree in Coastal Engineering from University of Delaware. He has worked for Danish Hydraulic Institute (DHI) Water & Environment for 10 years (7 years in Denmark, 3 years in Philadelphia) performing and managing numerical model studies relating to hydrodynamics, wave mechanics, sediment transport and environmental hydraulics.

Dr. Richard Faas

Department of Marine Science
University of Southern Mississippi
1020 Balch Blvd., Stennis Space Center, Mississippi 39529
UNITED STATES OF AMERICA

Email: rfaas@juno.com
Tel: 228-688-7099

Dr. Faas was born in Appleton, Wisconsin on November 8, 1931, graduated with an AB degree in geology from Lawrence College in 1953, spent the next four years serving in the U. S. Coast Guard, followed by two years with the Topographic Branch of the U. S. Geological Survey. He returned to school in 1959 (Iowa State University) and received his Ph.D. in geology in 1964. His doctoral research was a paleoenvironmental study of a late Pleistocene sequence of estuarine and lagoon sediments of the Arctic Coastal Plain near Barrow, Alaska. After graduation in 1964, he became an Instructor in the geology department at Lafayette College, Easton, Pennsylvania, and remained there until his retirement in 1995 as Full Professor. His interest in the sedimentology of fine-grained sediments was enhanced by his proximity to New Jersey coastal lagoons and the Chesapeake Bay. He has subsequently performed research in the Schelde estuary in Belgium, the AMASSEDS project on the Amazon continental shelf, the ephemeral mud banks of the Kerala coast of India, the LISP project in Nova Scotia, and most recently, the CBBL special research project in the western Baltic Sea.

Dr. David Alexander Greenberg

Fisheries and Oceans Canada
Coastal Ocean Science
Bedford Institute of Oceanography
P.O. Box 1006
Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2.
CANADA

Email: greenbergd@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tel: 902- 426-2431
Fax: 902-426-7827

Education

B.Math (Applied) 1969, University of Waterloo
M.Math (Applied) 1970, University of Waterloo
PhD (Oceanography) 1975, University of Liverpool, Bidston Observatory, UK

Research Interests

Development of numerical ocean and coastal-ocean models.

Modelling near shore sea level and currents in the regions with drying inter-tidal areas applied to aquaculture, and other coastal issues.

Modelling the Arctic Archipelago, examining the effects of ice on the tides and predicting the long period transport.

Inundation modelling and increasing flood risk from sea level rise and associated change in tides in the Bay of Fundy and Gulf of Maine.

Denis Haché

Fisheries and Oceans Canada
Habitat Management Division - Moncton
Gulf Fisheries Centre 343 Université Avenue
PO Box: PO Box 5030
Moncton, New Brunswick, E1C 9B6
CANADA

Email: hached@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tel: 506-851-6252
Fax: 506-851-6579

Denis Haché is an engineer with the Department of Fisheries and Oceans (DFO) in Moncton. He graduated with a B. A.Sc. in 1977 from U de Moncton. He worked for Public Work Marine in the field of marine engineering in PQ, NB, NS, PEI, NFLD, between 1977 and 1981. He is responsible for fish passage and fish culture design and operation between 1981 and 1983. Since 1983 he has worked for Habitat Management in the Gulf and Maritime regions of the DFO, specializing in fish way design, maintenance flow, river engineering, dredging and ocean disposal, and road construction.

Dr. B.G. Krishnappan

Environment Canada
National Water Research Institute
Canada Centre for Inland Waters
P.O. Box 5050
867 Lakeshore Road
Burlington, Ontario L7R 4A6
CANADA

Email: Krish.Krishnappan@cciw.ca
Tel: 905-336-4766
Fax: 905-336-4420

Dr. Krishnappan works at the National Water Research Institute at Burlington, Ontario, as a Research Scientist. He has been there since 1972. He obtained his Bachelor's Degree in Mechanical Engineering from the University of Madras in India, his Master's Degree also in Mechanical Engineering from the University of Calgary and his Doctorate Degree in Civil Engineering from Queen's University at Kingston, Ontario. His research interests include river dynamics, dispersion processes, and cohesive sediment transport processes.

Tim Milligan

Fisheries and Oceans Canada
Habitat Ecology Section
Bedford Institute of Oceanography
PO Box 1006 (for deliveries: 1 Challenger Drive)
Dartmouth, Nova Scotia, B2Y 4A2
CANADA

Email: milligant@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tel: 902-426-3273
Fax: 902-426-6695.

Timothy G. Milligan is a researcher with the Marine Environmental Sciences Division, Fisheries and Oceans Canada. He leads the Particle Dynamics Lab's research into the behaviour of fine particulate material in aquatic environments at the Bedford Institute of Oceanography. Areas of interest include the mechanisms governing the loss of sediment from river plumes, the effect of flocculation on the transport and fate of contaminants, and environmental impacts of offshore oil and gas and aquaculture. This work is based on process-oriented parameterization of the size distributions of the component grains in suspended and bottom sediment and on the in situ behaviour of flocculated suspensions.

Milligan, T.G., G.C. Kineke, A.C. Blake, C.R. Alexander and P.S. Hill. 2001. Flocculation and sedimentation in the ACE Basin, South Carolina. Estuaries, 24(5): 734-744.

Milligan, T.G., 2001. Sediment sorting in turbid suspensions, Keynote address, Chapman Conference on Strata Formation on Continental Margins, Ponce, Puerto Rico, AGU, Washington

Hill, P.S., T.G. Milligan and W.R. Geyer, 2000. Controls on effective settling velocity of suspended sediment in the Eel River flood plume, Cont. Shelf Res. 20, 2095-2111

Christiansen, T, P.L. Wiberg and T.G. Milligan, 2000. Flow and sediment transport on a tidal salt marsh, Estuarine Coastal Shelf Sci. 315-331.

Milligan, T.G. and P.S. Hill, 1998. A laboratory assessment of the relative importance of turbulence, particle composition, and concentration in limiting maximal floc size and settling behaviour, J. Sea Res. 39/3-4, 227-241.

Dr. Brian Morse

Département de génie civil
Université Laval, Cité Universitaire
Sainte Foy (Québec), G1K 7P4
CANADA

Email: brian.morse@gci.ulaval.ca
Tel: 418- 656-2867
Fax: 418-656-2928
http://www.ulaval.ca/vrr/rech/Cherc/3324141.html

Brian Morse, ing., Ph.D. is a professor at the Université Laval in the Civil Engineering Department teaching fluvial hydraulics, hydrology and river ice processes. He has specialized in commercial waterways. He has developed mobile bed models and hydrological models. He has applied them to the Fraser River estuary, the St. Lawrence River estuary, the Portneuf Estuary. He is has participated in many field studies using a wide range of equipment under many climatological conditions.

Charles O'Reilly

Fisheries and Oceans Canada
Canadian Hydrographic Service (Atlantic)
Polaris - Floor: 2nd
Bedford Institute of Oceanography
PO Box: PO Box 1006
Dartmouth, Nova Scotia, B2Y 4A2
CANADA

Email: OReillyC@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tel: 902-426-5344

Charles O'Reilly graduated in 1975 with a BSc (Honors) in Geology and Physics from Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia. He has worked in exploration geophysics for Texaco and Union Oil in Alberta. In 1978, he joined the Canadian Hydrographic Service where he has been working in the Tides, Currents and Water Levels Section to the present. His current position is Chief of Tidal Analysis and Prediction (Atlantic Region). He has been very active in coastal zone management issues, Remote Sensing 3D Mapping and the establishment of 3D vertical datum transforms. He also has been very active in researching impacts of rising sea levels and storm surges in the East Coast of Canada. He is a past Branch Vice-President of the Canadian Hydrographic Association and a member of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society and the Canadian Geophysical Union.

Dr. Ole Petersen

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE
Agern Alle 11 - DK2970 Horsholm -
DENMARK

Email: osp@dhi.dk
Tel: +45 45169305 (home : +45 45766903)
http://www.dhi.dk

Dr. Ole Petersen is Senior Research Engineer at DHI Water & Environment, Department for Estuarine Dynamics, and has as his main interests modelling of estuarine and coastal flows, with emphasis on three-dimensional modelling of stratified flows and cohesive sediment transport. He has been responsible for many consultancy and research projects on estuarine problems concerning hydrodynamics, mud transport and water quality issues, and in software development projects. He has a broad experience in education and research in environmental flows from 10 years in the academic staff at Dept. Civil Eng., U. of Aalborg and 5 years as a senior researcher in International Centre for Computational Hydrodynamics, DK.

Dr. Harold Ritchie

Dalhousie University
Department of Oceanography
Halifax, Nova Scotia , B3H 4J1
CANADA

E-mail: Harold.Ritchie@ec.gc.ca
Tel: 902-494-5192
Fax: 902- 494-2885
http://www.phys.ocean.dal.ca/people/po/Ritchie_Harold.html

Research Scientist, Meteorological Service of Canada, Environment Canada Adjunct Professor, Department of Oceanography, Dalhousie University Main research areas: Numerical Weather Prediction, coupled numerical modelling for environmental prediction.

Dr. Ritchie increasingly assumed responsibilities for major projects involving the Canadian Global Spectral Forecast Model, which was used as the global data assimilation and forecast model at the Canadian Meteorological Centre (CMC) from March 1991 to October 1998. He has been instrumental in the technology transfer that has enabled the operational implementation and improvement of semi-Lagrangian spectral models, both at CMC and the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), which have been documented to be among the best medium-range, forecast models in the world. In view of his experience and expertise in developing and applying numerical weather prediction models, Dr. Ritchie has been appointed the lead Meteorological Service of Canada (MSC) research scientist for the Atlantic Environmental Prediction Research Initiative based in Halifax Nova Scotia. Through this major new initiative MSC is joining with other partners in conducting collaborative multi-disciplinary research and development for more comprehensive environmental prediction. He is also leading the coupled numerical modelling group at Recherche en prévision numérique (RPN) in Dorval Québec. The first publications emerging from this activity are on coupled atmosphere-hydrology modelling, operational storm surge prediction, and the extratropical transition of hurricanes.

Jochen Schroer

Natech Environmental Services Inc.
109 Patterson Road, Harvey Stn., New Brunswick, E6K 1L9
CANADA

Email: natech@nbnet.nb.ca
Tel: 506-366-1080
Fax: 506-366-1090

Mr. Schroer received his undergraduate degree in environmental engineering from the University of Hamburg, Germany in 1984. After immigrating to Canada and working for the engineering company of Washburn and Gillis for six years, he completed his Masters of Engineering degree at UNB. In 1993 he started his own consulting company, NATECH Environmental. NATECH has carried out numerous hydro-technical studies on local rivers, including the Petitcodiac. Currently, NATECH is performing flood modelling for Moncton's Jonathan Creek hydrotechnical study. NATECH has carried out effluent dispersion studies for several coastal water bodies in Atlantic Canada, including Shippagan Harbour, the Saint John River Estuary, and the Miramichi Estuary.

Dr. Douglas Scott

Baird & Associates
1145 Hunt Club Road, Suite 1
Ottawa, Ontario K1V 0Y3
CANADA

Email: dscott@baird.com
Tel: 613-731-8900
Fax: 613-731-9778
http:\\ www.baird.com

Dr. Scott, a Principal with Baird & Associates, has specialized in the management of complex technical investigations and projects in the coastal and hydraulic engineering fields. He received his Doctorate from Queen's University in 1986, and since that time has directed the numerical modelling activities at Baird, becoming involved with numerous projects worldwide involving the numerical simulation of hydraulic, environmental or oceanographic processes. Recent projects involving estuarine/river dynamics include 3D modelling of hydraulics and sediment processes at Mississippi River Lock and Dam No. 3; development of a tidal model for the lower Fraser River; and simulation of hydrodynamic and sediment processes in a cohesive estuary located in Malaysia.

Dr. Scott is a member of the Canadian Society for Civil Engineering and an associate member of the American Society of Civil Engineers and the American Meteorological Society. He has published papers on a range of topics in coastal and hydraulic engineering.

Dr. Erik Toorman

Katholieke Universiteit Leuven
Hydraulics Laboratory - Civil Engineering Dept.
Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Leuven
BELGIUM

Email: Erik.Toorman@bwk.kuleuven.ac.be
Tel:+32.16.321659
Fax: +32.16.321989
http://perswww.kuleuven.ac.be/~p6478500/et.html

Dr. Erik Toorman is a mechanical engineer (Free University Brussels, 1987), specialized in CFD. He has been working ever since as researcher at the Hydraulics Laboratory of the K.U.Leuven, where he obtained a Ph.D. in civil engineering in 1992. Currently he holds the position of lecturer and research associate. His research focuses on the many

inter-disciplinary aspects of cohesive sediment transport, primarily in the estuarine environment. His work thus far has been mainly fundamental, i.e. using self-developed software as a virtual laboratory to study the interaction of various processes and to define appropriate modelling procedures. Together with Prof. J. Berlamont, head of his division, he has been coordinating the EU funded MAST3 COSINUS project. Present and pending projects are much more applied and deal with various environmental issues (e.g. wetland restoration and nutrient/contaminant transport).

Jean-Claude Vautour

Public Works and Government Services Canada
A&E Resources
Dominion Public Building, 1713 Bedford Row
Halifax, Nova Scotia
B3J 1T3
CANADA

Email: Jean-Claude.Vautour@PWGSC.GC.CA
Tel: 506-851-2474
Fax: 506-851-6500

A graduate of the University of New Brunswick in Surveying Engineering, he has worked for the Canadian Hydrographic Service for two years conducting surveys in the Atlantic Provinces and the Canadian Arctic. He also worked for four years for the Water Resources Branch, the New Brunswick Department of Environment.

He is presently a hydrographic engineer working for the Federal Dept. of Public Works & Government Services Canada.

He is involved in various hydrographic surveys for charting, channel dredging, environmental monitoring, and bridge scouring purposes in the Atlantic Provinces.

Tim Webster

Centre Of Geographic Sciences
Annapolis Valley Campus, NSCC
50 Elliott Road, Lawrencetown, Nova Scotia, B0S 1M0
CANADA

Email: tim@cogs.ns.ca
Tel: 902-825-5475
http://142.227.25.130:8787/agrg/faculty/tim/cv_webster.html

Tim Webster holds a Masters Degree in Science from Acadia University. He is currently a Research Scientist at the Centre of Geographic Sciences with the new Applied Geomatics Research Group. Prior to this role, Tim taught Remote Sensing and GIS at COGS since 1991. He holds an Advanced Diploma in Remote Sensing from COGS and a B.Sc. in Geology and Physics from UNB. He has worked in private industry both as a geologist and for a GIS vendor prior to joining the college.

David H. Willis

David H Willis and Associates Limited
Coastal Engineering Technical Writing Génie côtier
121, rue Queen Mary Street
Ottawa, Ontario K1K 1X4
CANADA

Email: davwil@magma.ca
Tel: 613-749-0867
Fax: 613-741-4249
http://www.magma.ca/~davwil/

Education

Bachelor of Applied Science in Civil
Engineering, 1964, University of Toronto,
Toronto, Ontario, Canada
Postgraduate Diploma in Hydraulic
Engineering, 1969, International Courses,
Delft, The Netherlands

Registration

Registered Professional Engineer in the Province of Ontario, Canada
Certificate of Authorization to practise in Ontario
Working visa for Great Britain and the European Union until October 2004

Memberships

Member, former Secretary, of the National Research Council of Canada Associate Committee on Shorelines, which has become the Canadian Coastal Science and Engineering Association.
Past-Chair of the Hydrotechnical Division, Canadian Society for Civil Engineering.
Chair, Local Organizing Committee for the 12th Canadian Hydrotechnical Conference, June 1995.

Member: International Association of Hydraulic Engineering and Research
Canadian Water Resources Association
American Shore and Beach Preservation Association

Expertise

David Willis has more than 32 years of experience in civil engineering hydraulics, with particular expertise in coastal and estuarine erosion and sedimentation. He specializes in hydraulic modelling, both physical and numerical, in solving hydrotechnical engineering problems

Languages

Principal language English; working knowledge of French; and familiarity with Dutch and Italian.

Dr. Noboru Yonemitsu

University of British Columbia
Environmental & Ecological Fluid Mechanics
Department of Civil Engineering
2324 Main Mall, Vancouver, BC
V6T 1Z4
CANADA

Email: noboru@civil.ubc.ca
Tel: 604-822-0053
Fax: 604-822-6901

Dr. Noboru Yonemitsu completed his BASc and MASc degrees at Hokkaido University, Japan, in Engineering Physics in 1986. After completing a Ph. D. degree at the University of Alberta, he worked at several hydraulic and environmental engineering consulting firms and universities. Dr. Yonemitsu came to UBC in 1999, where works as an assistant professor in the Department of Civil Engineering. His ongoing research involves ecological and environmental fluid mechanics.

APPENDIX E

PARTICIPANTS LIST

Name	Affiliation	Tel. #	Email
Carl Amos	Southampton Oceanography Centre	44-02380-596068	cla8@soc.soton.ac.uk
Eric Arseneau	Petitcodiac Watershed Monitoring Group	(506) 384-3369	pwmg@nbnet.nb.ca
Spyros Beltaos	Environment Canada - CCIW	(905) 336-4898	Spyros.Beltaos@cciw.ca
Kevin Blair	ENVIRONMENT CANADA	(902) 426-4633	Kevin.Blair@ec.gc.ca
Doug Bliss	Environment Canada	(506) 364-5048	Doug.Bliss@ec.gc.ca
Andrew Boghen	Université de Moncton	(506) 858-4321	boghena@UMoncton.CA
Robert Boudreau	New Brunswick Department of Transportation	(506) 856-2000	Robert.BOUDREAU@gnb.ca
Tony Bowron	Ecology Action Centre	(902) 429-2202	tbowron@is2.dal.ca
Gary Bugden	Fisheries and Oceans Canada	(902) 426-5745	BugdenG@mar.dfo-mpo.gc.ca
Brian Burrell	NB Department of the Environment & Local Government	(506) 457-4844	Brian.Burrell@gnb.ca
Daniel Caissie	Fisheries and Oceans Canada	(506) 851-6287	caissied@dfo-mpo.gc.ca
Michael Chadwick	Fisheries and Oceans Canada	(506) 851-6206	ChadwickM@dfo-mpo.gc.ca
Bob Chant	IMCS Rutgers University	(732) 932-7120	chant@imcs.rutgers.edu
Joël Chassé	Fisheries and Oceans Canada	(506) 851-1216	chassej@dfo-mpo.gc.ca
Graham Daborn	Acadia University	(902) 585-1054	graham.daborn@acadiau.ca
Michael Davies	Pacific International Engineering Corp.	(613) 859-4600	mdavies@piengr.com
Jean-Guy Deveau	Environment Canada	(506) 851-7729	Jean-Guy.Deveau@ec.gc.ca
Andrew Driscoll	Danish Hydraulic Institute	(215) 244-5344	amd@dhigroup.com
Dave Dunn	Fisheries and Oceans Canada	(506) 851-6850	DunnD@dfo-mpo.gc.ca
Hélène Dupuis	Fisheries and Oceans Canada	(506) 851-3320	dupuish@dfo-mpo.gc.ca
Serge Dupuis	Town of Dieppe	(506) 877-7900	serge.dupuis@ville.dieppe.nb.ca
Richard Faas	University of Southern Mississippi	(228) 688-7099	rfaas@juno.com
George Finney	Environment Canada	(506) 364-5011	George.Finney@ec.gc.ca
Pierre Gautreau	Fisheries and Oceans Canada	(506) 851-6833	gautreaup@dfo-mpo.gc.ca
David Greenberg	Fisheries and Oceans Canada	(902) 426-2431	greenbergd@mar.dfo-mpo.gc.ca
Denis Haché	Fisheries and Oceans Canada	(506) 851-6252	hached@mar.dfo-mpo.gc.ca
Perry Haines	NB Department of the Environment & Local Government	(506) 453-8944	Perry.haines@gnb.ca
Philip Hansen	New Brunswick Department of Transportation	(506) 453-2674	Phil.Hansen@gnb.ca
Janice Harvey	Conservation Council of New Brunswick	(506) 466-4033	ccnbharvey@nb.aibn.com

Nancy Hoar	Alma Fishermen Association	(506) 852-4935	info@whitefrost.nb.ca
Ron Hudson	Hudson Engineering Ltd.	(506) 450-9505	hudson@brunnet.net
Kim Hughes	NB Department of the Environment & Local Government	(506) 457-4846	Kim.Hughes@gnb.ca
Krish Krishnappan	Environment Canada - CCIW	(905) 336-4766	Krish.Krishnappan@cciw.ca
Richard Landry	City of Moncton	(506) 383-6201	richard.landry@moncton.org
Lorelei Langille	Fisheries and Oceans Canada - Coast Guard	(902) 426-0743	langillel@mar.dfo-mpo.gc.ca
Charles LeBlanc	Environment Canada	(506) 851-7254	Charles.LeBlanc@ec.gc.ca
Daniel LeBlanc	Riverkeepers	(506) 388-5337	prkeeper@nbnet.nb.ca
David Maguire	NB Department of the Environment & Local Government	(506) 453-8944	david.maguire@gnb.ca
Peter McLaughlin	NB Department of the Environment & Local Government	(506) 856-2374	Peter.McLaughlin@gnb.ca
Ole Mikkelsen	Fisheries and Oceans Canada	(902) 426-1865	mikkelseno@mar.dfo-mpo.gc.ca
Lindon Miller	New Brunswick Department of Transportation	(506) 453-5730	Lindon.MILLER@gnb.ca
Tim Milligan	Fisheries and Oceans Canada	(902) 426-3273	milligant@mar.dfo-mpo.gc.ca
Brian Morse	Université Laval	(418) 656-2867	brian.morse@gci.ulaval.ca
Hugh O'Neill	Environment Canada	(506) 851-2898	hugh.o'neill@ec.gc.ca
Charlie O'Reilly	Fisheries and Oceans Canada	(902) 426-5344	OReillyC@mar.dfo-mpo.gc.ca
Janet Patch	NB Natural Resources and Energy	(506) 453-2684	Janet.PATCH@gnb.ça
Ole Petersen	Danish Hydraulic Institute	45 45169305	osp@dhi.dk
Michael Phillips	New Brunswick Department of Transportation	(506) 453-2754	mike.phillips@gnb.ca
Elizabeth Pugh	Nova Scotia Department of Transportation	(902) 424-6418	PUGHEL@gov.ns.ca
Trefor Reynoldson	Environment Canada - CCIW	(902) 585-1638	Trefor.Reynoldson@cciw.ca
Roland Richard	Petitcodiac Lake Land owners	(506) 382-5894	roachnr@nb.sympatico.ca
Hal Ritchie	Dalhousie University	(902) 494-5192	Harold.Ritchie@ec.gc.ca
Norman Roach	Lake Petitcodiac Preservation Association	(506) 384-5036	roachnr@nb.sympatico.ca
Peter Sawyer	Town of Riverview	(506) 388-3013	psawyer@nbnet.nb.ca
Jochen Schroer	NATECH Environmental Services Inc.	(506) 366-1080	natech@nbnet.nb.ca
Doug Scott	Baird & Associates	(613) 731-8900	dscott@baird.com
Julie Smith	NB Department of the Environment & Local Government	(506) 444-5382	julie.p.smith@gnb.ca
Sherry Sparks	NB Department of Supply and Services	(506) 856-2372	sherry.sparks@gnb.ca
Jon Stone	Environment Canada	(902) 426-3871	Jon.Stone@ec.gc.ca
Dave Sullivan	Retired NB DOT	(506) 459-0236	no email
Erik Toorman	Katholieke Universiteit Leuven - Belgium	32.16.321659	Erik.Toorman@bwk.kuleuven.ac.be

Tim Webster	Centre Of Geographic Sciences	(902) 825-5475	tim@cogs.ns.ca
Peter Wells	Environment Canada	(902) 426-1426	peter.wells@ec.gc.ca
David Willis	David H Willis and Associates Limited	(613) 749-0867	davwil@magma.ca
Catherine Vardy	Fisheries and Oceans Canada	(506) 851-3171	vardyc@dfo-mpo.gc.ca
Jean-Claude Vautour	Public works and government services Canada	(506) 851-2474	Jean-Claude.Vautour@PWGSC.GC.CA
Noboru Yonemitsu	University of British Columbia	(604) 822-0053	noboru@civil.ubc.ca

APPENDIX F

BREAKOUT SESSIONS LIST

Lists for breakout session #1

	1A - Shediac C cohesive sediments	1B - Restigouche important parameters	1C - Matapedia modelling challenges
Session Chair	**Tim Milligan**	**David Willis**	**Spyros Beltaos**
EIA Planners	**David Maguire**	**Julie Smith**	**Perry Haines**
Members	Peter Sawyer	Bob Chant	Andrew Driscoll
	Andrew Boghen	Brian Morse	Daniel Caissie
	Brian Burrell	Charlie O'Reilly	David Greenberg
	Carl Amos	Doug Bliss	Doug Scott
	Daniel LeBlanc	Eric Arseneau	Gary Bugden
	Dave Sullivan	George Finney	Hal Ritchie
	Denis Haché	Janet Patch	Hugh O'Neill
	Elizabeth Pugh	Janice Harvey	Jean-Claude Vautour
	Erik Toorman	Jochen Schroer	Joël Chassé
	Graham Daborn	Kim Hughes	Jon Stone
	Hélène Dupuis	Michael Chadwick	Kevin Blair
	Jean-Guy Deveau	Michael Davies	Michael Phillips
	Krish Krishnappan	Noboru Yonemitsu	Tony Bowron
	Lindon Miller	Ole Mikkelsen	Ole Petersen
	Nancy Hoar	Philip Hansen	Peter McLaughlin
	Peter Wells	Pierre Gautreau	Richard Landry
	Richard Faas	Robert Boudreau	Roland Richard
	Serge Dupuis	Sherry Sparks	Ron Hudson
	Tim Webster	Norman Roach	Trefor Reynoldson

Lists for breakout session #2

	2A - Shediac C economical data collection	2B - Restigouche experimentation	2C - Matapedia optimization of data collection
Session Chair	**Carl Amos**	**Denis Haché**	**Tim Milligan**
EIA Planners	**Perry Haines**	**David Maguire**	**Julie Smith**
Members	Andrew Driscoll	Peter Sawyer	Andrew Boghen
	Charlie O'Reilly	Daniel LeBlanc	Bob Chant
	Doug Scott	Dave Sullivan	Brian Burrell
	Elizabeth Pugh	David Greenberg	Brian Morse
	Erik Toorman	David Willis	Daniel Caissie
	George Finney	Doug Bliss	Gary Bugden
	Hugh O'Neill	Eric Arseneau	Hélène Dupuis
	Janet Patch	Graham Daborn	Jean-Guy Deveau
	Janice Harvey	Hal Ritchie	Jon Stone
	Jean-Claude Vautour	Kevin Blair	Michael Davies
	Jochen Schroer	Krish Krishnappan	Michael Phillips
	Joël Chassé	Lindon Miller	Noboru Yonemitsu
	Kim Hughes	Norman Roach	Ole Mikkelsen
	Michael Chadwick	Peter McLaughlin	Ole Petersen
	Nancy Hoar	Peter Wells	Richard Landry
	Philip Hansen	Pierre Gautreau	Roland Richard
	Ron Hudson	Richard Faas	Serge Dupuis
	Sherry Sparks	Robert Boudreau	Spyros Beltaos
	Tim Webster	Tony Bowron	Trefor Reynoldson

Lists for breakout session #3

	3A - Shediac C	3B - Restigouche	3C - Matapedia
	Modelling approach; Nested models	**Modelling accuracies**	**Study duration**
Session Chair	**David Willis**	**Michael Chadwick**	**Doug Bliss**
EIA Planners	**David Maguire**	**Julie Smith**	**Perry Haines**
Members	Brian Morse	Bob Chant	Andrew Boghen
	Hal Ritchie	Brian Burrell	Andrew Driscoll
	Hugh O'Neill	Dave Sullivan	Carl Amos
	Janet Patch	Denis Haché	Charlie O'Reilly
	Janice Harvey	Elizabeth Pugh	Daniel Caissie
	Jochen Schroer	Eric Arseneau	Daniel LeBlanc
	Joël Chassé	Erik Toorman	David Greenberg
	Kim Hughes	Gary Bugden	Doug Scott
	Lindon Miller	Hélène Dupuis	George Finney
	Michael Davies	Jean-Claude Vautour	Graham Daborn
	Norman Roach	Jean-Guy Deveau	Jon Stone
	Ole Petersen	Kevin Blair	Krish Krishnappan
	Philip Hansen	Nancy Hoar	Michael Phillips
	Pierre Gautreau	Noboru Yonemitsu	Peter McLaughlin
	Richard Faas	Ole Mikkelsen	Peter Sawyer
	Serge Dupuis	Peter Wells	Roland Richard
	Sherry Sparks	Spyros Beltaos	Richard Landry
	Tim Webster	Tim Milligan	Robert Boudreau
	Trefor Reynoldson	Tony Bowron	Ron Hudson

Environment Canada Environnement Canada

Sommaire de l'atelier sur la modélisation de la rivière Petitcodiac et de son estuaire

Moncton (Nouveau-Brunswick) Canada
Du 3 au 5 mars 2002
Organisé par : Environnement Canada et Pêches et Océans Canada

avec la collaboration du ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux et du ministère des Transports du Nouveau-Brunswick

Révisé par : Charles LeBlanc, Doug Bliss et Brian Burrell

Environnement Canada – Région de l'Atlantique
Rapport occasionnel n° 19

Autres rapports de la série :

Rapport n°

1. Atlantic Maritime Ecozone Research and Monitoring, Workshop Proceedings, March 1993 (épuisé)
2. Ecological Monitoring and Research at Kejimkujik National Park, 1978-1992 (épuisé)
3. Kejimkujik Watershed Studies: Monitoring and Research Five Years after "Kejimkujik '88"
4. Ecological Monitoring and Research in the Coastal Environment of the Atlantic Maritime Ecozone, Workshop Proceedings Huntsman Marine Laboratory, March 9-11, 1994 (épuisé)
5. Ecological Monitoring and Research in Atlantic Canada: A Focus on Agricultural Impacts in Prince Edward Island
6. Science and Policy Implications of Atmospheric Issues in Atlantic Canada, Workshop Proceedings Halifax, N.S., November 28-30, 1995
7. Canada Goose Studies in the Maritime Provinces 1950-1992, Compiled by Anthony Erskine, January 1997. (publié mars 1997)
8. Bay of Fundy Issues: a scientific overview, Proceedings of a Workshop, Wolfville, N.S., January 29 toFebruary 1, 1996. (publié mars 1997)
9. Climate Change and Climate Variability in Atlantic Canada, Proceedings of a Workshop, Halifax, N.S., Dec. 3 to 6, 1996. (publié mars 1997)
10. Trends of Acid Precipitation Chemistry Variables in some Atlantic Canada National Parks. (publié avril 1997)
11. Using Environmental Prediction in Ecosystem Science in Atlantic Canada, Workshop Proceedings, Halifax, N.S. (publié mars 1998)
12. Understanding Change in the Bay of Fundy Ecosystem, Workshop Proceedings, Sackville, NB (April 22-24, 1999)
13. Climate Change and Ecosystem Research in Canada's North, A report to the Northern Ecosystem Initiative Management Team, by Thomas A. Clair (publié mars 2000, english/francais)
14. Acid Precipitation Lake Monitoring Program in Canada's Atlantic Provinces (mars 2000, format cédérom)
15. Multi-disciplinary Study of Metal Cycling, Primarily Hg, in Aquatic and Terrestrial Environments,Workshop Proceedings, Sackville, NB (mars 2000)
16. Environment Canada's Acid Precipitation Monitoring Networks in Atlantic Canada (mars 2001, format cédérom)
17. Opportunities and Challenges for Protecting, Restoring and Enhancing Coastal Habitats in the Bay of Fundy. Proceedings of the 4th Bay of Fundy Science Workshop, Saint John, NB, Sept. 19-21, 2000.
18. Cycling of mercury in Kejimkujik National Park. Toxic Substance Initiative Projet /124 Summary, December 2001.

La présente publication doit être citée comme suit :

LeBlanc, C., D. Bliss et B. Burrell (réviseurs), 2002. Sommaire de la modélisation de la rivière Petitcodiac et de son estuaire, avril 2002. Rapport partiel n° nn, Environnement Canada, Sackville (Nouveau-Brunswick), 98 pp.

On peut obtenir des exemplaires du rapport en s'adressant à la :

Direction de la conservation de l'environnement
Environnement Canada – Région de l'Atlantique
C. P. 6227, Sackville (N.-B.)
E4L 1G6

Publié sous l'autorité du
ministre de l'Environnement

N° de catalogue CW69-12/19-2002
N° ISBN 0-662-66861-8
N° ISSN 1195-664X

La présente publication doit être citée comme suit :

LeBlanc, C., D. Bliss et B. Burrell (réviseurs), 2002. Sommaire de la modélisation de la rivière Petitcodiac et de son estuaire, avril 2002. Rapport partiel n° nn, Environnement Canada, Sackville (Nouveau-Brunswick), 98 pp.

On peut obtenir des exemplaires du rapport en s'adressant à la :

Direction de la conservation de l'environnement
Environnement Canada – Région de l'Atlantique
C. P. 6227, Sackville (N.-B.)
E4L 1G6

Publié sous l'autorité du
ministre de l'Environnement

N° de catalogue : xxxxxxxxxxxxxxxx
N° ISBN xxxxxxxxxxxxxxx
N° ISSN xxxxxxxxxxx

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES v
LISTE DES TABLEAUX v
LISTE DES MEMBRES DU COMITÉ ORGANISATEUR DE L'ATELIER vi
SOMMAIRE ix

1.0 – INTRODUCTION 1

2.0 – CADRE DE RÉFÉRENCE DE L'ATELIER 3

3.0 – SURVOL DES PRÉSENTATIONS ET DES RÉUNIONS EN PETITS GROUPES 6
3.1 - Introduction 6
3.1.1 – Historique et milieu physique de la Petitcodiac - Denis Haché 6
3.1.2 – Rapport sur la faisabilité de la modélisation - David Willis 6
3.2 – Séance sur l'hydrodynamique 7
3.2.1 – Modélisation de conditions d'écoulement complexes - David Willis pour Norm Crookshank 7
3.2.2 – Modélisation de la turbulence - Noboru Yonemitsu, Ph.D. 7
3.2.3 – Modélisation par éléments finis - Dave Greenberg, Ph.D. 7
3.2.4 – Dispersion de l'effluent - Jochen Schroer 7
3.2.5 – Survol des approches de modélisation - Andrew Driscoll 8
3.2.6 – Table ronde – Séance sur l'hydrodynamique 8
3.3 – Séance sur les sédiments 8
3.3.1 – Transport des sédiments cohésifs - Krish Krishnappan, Ph.D. 8
3.3.2 – Comportement des sédiments en milieu à forte turbidité - Tim Milligan 9
3.3.3 – Propriétés des sédiments fins en suspension près du fond - Richard Faas, Ph.D. 9
3.3.4 – Estimations du bilan sédimentaire - Carl Amos, Ph.D. 9
3.3.5 – Table ronde – Séance sur les sédiments 10
3.4 – Première réunion en petits groupes 10
3.4.1 - 1A – Comment peut-on résoudre le problème du manque de connaissances sur les sédiments cohésifs dans les efforts de modélisation? Facilitateur - Tim Milligan 10
3.4.2 - 1B – Quels sont les paramètres importants en rapport avec la modélisation? Facilitateur – David Willis 10 11
3.4.3 - 1C – Quels seront les défis à relever dans la modélisation de l'estuaire de la Petitcodiac? Facilitateur – Spyros Beltaos, Ph.D. 11
3.5 – Séance sur les études de cas – Expériences en Europe 12
3.5.1 – Transport des sédiments cohésifs - Erik Toorman, Ph.D. 12
3.5.2 – Méthodes et projets de modélisation d'estuaires - Ole Petersen, Ph.D. 12
3.6 – Exposé principal : « Là où les anges n'osent s'aventurer – Expérience dans la baie de Fundy » - Graham Daborn, Ph.D. 13

3.7 – Séance spéciale sur les mécanismes des courants de marée 13
3.7.1 – Piégeage des particules dans les estuaires stratifiés – Bob Chant, Ph.D. 13
3.7.2 – Ondes de tempête - Hal Ritchie, Ph.D. 13
3.7.3 - Glaces - Brian Morse, Ph.D. 14
3.8 – Séance sur la collecte de données 14
3.8.1 – Marées dans la baie de Fundy - Charlie O'Reilly 14
3.8.2 – Levés hydrographiques de la Petitcodiac – Jean-Claude Vautour 15
3.8.3 - Télédétection - Tim Webster 15
3.8.4 - Acquisition de données dans les estuaires - Gary Bugden 16
3.8.5 – Table ronde – Séance sur la collecte de données 16
3.9 – Deuxième réunion en petits groupes 17
3.9.1 - 2A – Quel est le moyen le plus efficace et économique de recueillir des données aux fins de la modélisation? Facilitateur – Carl Amos, Ph.D. 17
3.9.2 - 2B – Comment les expériences sur l'exploitation des vannes peuvent-elle servir comme méthode viable pour recueillir des données? Facilitateur – Denis Haché 17
3.9.3 - 2C – Comment la collecte de données peut-elle être optimisée aux fins de la modélisation? Facilitateur – Tim Milligan 17
3.10 – Séance d'étude de cas – Autres expériences en modélisation d'estuaires 18
3.10.1 – Expériences récentes en modélisation du transport des sédiments cohésifs - Doug Scott, Ph.D. 18
3.10.2 – Modélisation de l'érosion; implications pour la Petitcodiac - Michael Davis, Ph.D. 18
3. 11 – Troisième réunion en petits groupes 19
3A, 3B et 3C – Quelles approches de modélisation seraient appropriées pour la Petitcodiac? 19
3.11.1 - 3A – Est-ce que l'on devrait envisager l'usage de modèles nichés? (Discussion sur les approches de modélisation) Facilitateur – David Willis 19
3.11.2 - 3B – Quel degré de précision serait raisonnable pour la modélisation d'un estuaire comme celui de la Petitcodiac? Facilitateur – Graham Daborn, Ph.D. 20
3.11.3 - 3C – Combien de temps devrait être alloué pour la collecte de données et la modélisation? Facilitateur – Doug Bliss 20
3.12 – Sommaire de l'atelier. Facilitateurs - Doug Bliss et Michael Chadwick, Ph.D. 20
3.13 - Conclusions et prochaines étapes possibles 22

ANNEXE A RECOMMANDATIONS DU COMITÉ ORGANISATEUR DE L'ATELIER SUR LA MODÉLISATION DE LA RIVIÈRE PETITCODIAC ET DE SON ESTUAIRE 25

ANNEXE B PROGRAMME DE L'ATELIER 35

ANNEXE C RÉSUMÉS DES PRÉSENTATIONS 41
Survol du rapport de mars 1999 sur la faisabilité de la modélisation - David Willis.....44
Modélisation hydrodynamique de conditions d'écoulement complexes - David Willis, pour Norm Crookshank.....45
Mécanismes de dispersion verticale des sels et des sédiments dans le flux estuarien - Noboru Yonemitsu, Ph.D.....46
Modélisation haute résolution des éléments finis dans les zones d'assèchement intertidales - Dave Greenberg, Ph.D.....47
Dispersion de l'effluent dans les environnements à marée - Jochen Schroer.....47
Survol des approches de modélisation possibles pour la rivière Petitcodiac et son estuaire - Andrew Driscoll.....49
Transport des sédiments cohésifs dans les estuaires – Krish Krishnappan, Ph.D. 50
Comportement des sédiments dans des milieux à forte turbidité - Tim Milligan.....51
Propriétés des suspensions de sédiments fins près du fond en fonction du temps et de la densité - Richard Faas, Ph.D. 52
Bilan sédimentaire de la baie Chignecto - Carl L. Amos, Ph.D.....52
Modèles européens du transport des sédiments cohésifs - Erik Toorman, Ph.D. 53
Exemples de modèles et de projets liés aux estuaires – Ole Petersen, Ph.D. 56
Asymétrie des marées, mécanismes de mélange et piégeage des particules dans les estuaires stratifiés - Bob Chant, Ph.D.....59
Prédictions opérationnelles des ondes de tempête et des crues – Hal Ritchie, Ph.D. 60
Processus survenant en hiver dans les estuaires – Brian Morse, Ph.D. 61
Marées et niveaux d'eau dans la partie supérieure de la baie de Fundy - Charlie O'Reilly.....63
Levés hydrographiques de l'estuaire et du chenal de la rivière - Jean-Claude Vautour 63
Cartographie par télédétection haute résolution des milieux estuariens - Tim Webster 65
Acquisition de données océanographiques physiques représentatives des milieux fluviaux ou estuariens boueux - Gary Bugden.....66
Expériences récentes en modélisation du transport de sédiments cohésifs - Doug Scott, Ph.D. 66
Expérience récente dans la modélisation du débit des rivières et de l'érosion – Applicabilité à la rivière Petitcodiac - Michael Davies, Ph.D. 67

ANNEXE D CURRICULUM VITAE DES PRÉSENTATEURS 69
Carl Leonetto Amos, Ph.D.....70
Gary Bugden 71
Robert J. Chant, Ph.D. 72
Norman L. Crookshank.....73
Graham R. Daborn, Ph.D.....74
Michael Davies, Ph.D. 75
Andrew Driscoll.....76

Richard Faas, Ph.D. 76
David Alexander Greenberg, Ph.D. 77
Denis Haché 78
B.G. Krishnappan, Ph.D. 78
Tim Milligan 79
Brian Morse, Ph.D. 80
Charles O'Reilly 80
Ole Petersen, Ph.D. 81
Harold Ritchie, Ph.D. 81
Jochen Schroer 82
Douglas Scott, Ph.D. 83
Erik Toorman, Ph.D. 83
Jean-Claude Vautour 84
Tim Webster 85
David H. Willis 85
Noboru Yonemitsu, Ph.D. 86

ANNEXE E LISTE DES PARTICIPANTS 89

ANNEXE F LISTE DES PARTICIPANTS AUX RÉUNIONS EN PETITS GROUPES 95

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – La rivière Petitcodiac et son estuaire

Figure 2 – Pont-chaussé et vannes sur la rivière Petitcodiac

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Possibilités d'analyses plus poussées des renseignements actuels (annexe A)

Tableau 2 – Besoins immédiats en collecte de données (annexe A)

Tableau 3 – Modélisation possible suggérée pour l'évaluation des changements résultant de la modification de l'exploitation des vannes de la Petitcodiac ou des ouvertures dans le barrage-chaussée (annexe A)

LISTE DES MEMBRES DU COMITÉ ORGANISATEUR DE L'ATELIER

Doug Bliss Environnement Canada C.P. 6227, Sackville (Nouveau-Brunswick) E4L 1G6 CANADA 1 (506) 364-5048 (Téléphone) 1 (506) 364-5062 (Télécopieur) Doug.Bliss@ec.gc.ca	**Brian Burrell** Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick Place Marysville C.P. 6000, Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 5H1 CANADA 1 (506) 457-4844 (Téléphone) 1 (506) 453-2265 (Télécopieur) Brian.Burrell@gnb.ca
Michael Chadwick, Ph.D. Pêches et Océans Canada Centre des pêches du Golfe 343, avenue Université C.P. 5030, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6 CANADA 1 (506) 851-6202 (Téléphone) 1 (506) 851-2387 (Télécopieur) ChadwickM@dfo-mpo.gc.ca	**George Finney, Ph.D.** Environnement Canada C.P. 6227, Sackville, (Nouveau-Brunswick) E4L 1G6 CANADA 1 (506) 364-5011 (Téléphone) 1 (506) 364-5062 (Télécopieur) George.Finney@ec.gc.ca
Denis Haché Pêches et Océans Canada Centre des pêches du Golfe 343, avenue de l'Université C.P. 5030, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6 CANADA 1 (506) 851-6252 (Téléphone) 1 (506) 851-6579 (Télécopieur) HacheD@dfo-mpo.gc.ca	**Charles LeBlanc** Environnement Canada Centre des sciences de l'environnement Coin avenues Morton et de l'Université, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1A 3E9 CANADA 1 (506) 851-7254 (Téléphone) 1 (506) 851-7254 (Télécopieur) Charles.LeBlanc@ec.gc.ca
Lindon Miller Ministère des Transports du Nouveau-Brunswick Place Kings C.P. 6000, Fredericton, (Nouveau-Brunswick) E3B 5H1 CANADA 1 (506) 453-5730 (Téléphone) 1 (506) 457-6714 (Télécopieur) Lindon.Miller@gnb.ca	**Tim Milligan** Pêches et Océans Canada Van Steenburg – 4^{e} étage – pièce 403 Institut océanographique Bedford C.P. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2 CANADA 1 (902) 426-3273 (Téléphone) 1 (902) 426-6695 (Télécopieur) MilliganT@mar.dfo-mpo.gc.ca

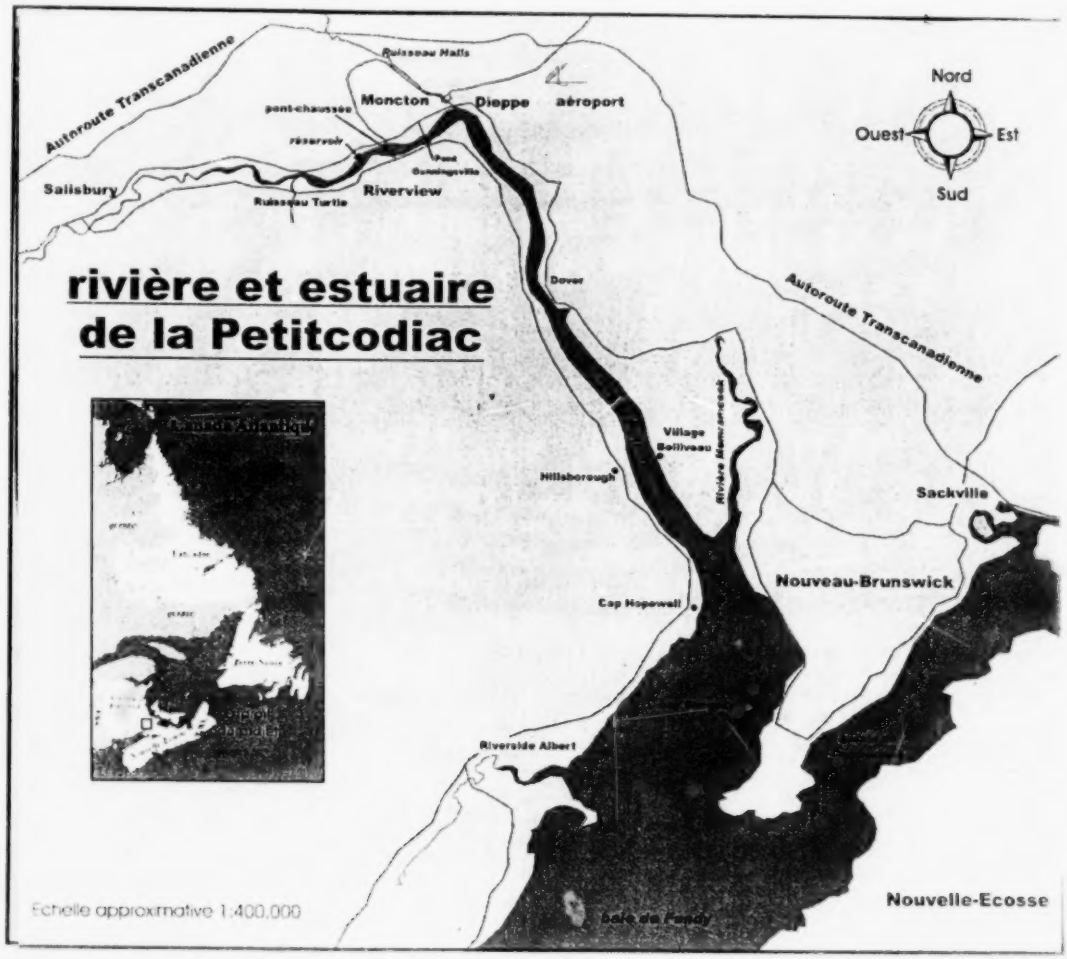

Figure 1 – La rivière Petitcodiac et son estuaire

Figure 1 – La rivière Petitcodiac et son estuaire

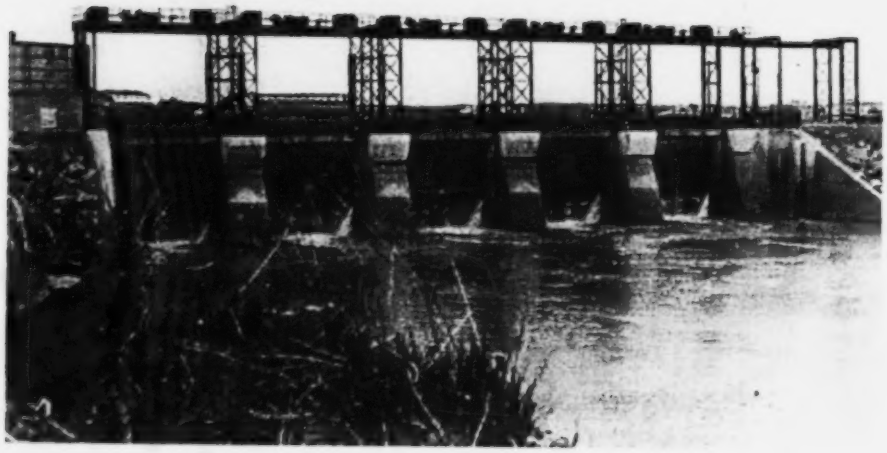

Figure 2 - Pont-chaussé et vannes sur la rivière Petitcodiac

SOMMAIRE

Un atelier intitulé « Atelier technique sur la rivière Petitcodiac et son estuaire : modélisation de l'hydrologie et des sédiments en appui à une évaluation d'impact sur l'environnement » a eu lieu à l'hôtel Beauséjour de Moncton (Nouveau-Brunswick) du 3 au 5 mars 2002. L'atelier était organisé par Environnement Canada et Pêches et Océans Canada, avec la collaboration du ministère des Transports et du ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick; y participaient plus de 65 personnes, notamment des scientifiques spécialistes des estuaires du Canada, des États-Unis, de la Grande-Bretagne, de la Belgique et du Danemark, et des scientifiques gouvernementaux ainsi que des observateurs (voir l'annexe E).

L'atelier avait pour but de déterminer des approches de modélisation techniquement réalisables et ayant un bon rapport coût-efficacité qui pourraient servir à évaluer l'écoulement de l'eau et le déplacement des sédiments dans la rivière Petitcodiac et son estuaire dans les conditions actuelles et avec différents scénarios d'ouverture dans le barrage-chaussée de la rivière Petitcodiac. Les résultats de l'atelier ainsi que les recommandations du comité organisateur de l'atelier (voir l'annexe A) ont été consignés pour examen durant l'élaboration des lignes directrices et du cadre de référence du projet d'évaluation de l'impact sur l'environnement.

Bien que tous les résultats escomptés qui sont mentionnés dans le cadre de référence de l'atelier n'aient pas été atteints complètement, nous avons cerné certains points de convergence lors de l'atelier (voir l'annexe A), que voici.

- Nous avons des lacunes très importantes au chapitre des données de base, notamment sur les marées, les courants, la salinité, les propriétés des sédiments (granulométrie et force de cisaillement, en plus des autres caractéristiques chimiques et biophysiques), le régime de glaces et les mécanismes d'érosion.

- La combinaison de marées très fortes, de températures froides et de la forte concentration de sédiments présente des difficultés uniques dans la compréhension et la modélisation éventuelle des mécanismes physiques.

- Les conditions et mécanismes physiques se produisant pendant les mois d'hiver, principalement l'effet des glaces sur la morphologie du chenal, sont mal connus, mais il faut en tenir compte dans l'évaluation environnementale d'un projet proposé.

- Pour comprendre les effets à distance ainsi que les effets locaux, il peut être nécessaire de prendre en compte la totalité du système estuarien et fluvial et les mécanismes océanographiques prenant place dans la baie de Fundy et le golfe du Maine.

- Une équipe multidisciplinaire formée d'experts en ingénierie et de scientifiques serait nécessaire afin de mieux comprendre le système unique que forment la rivière et l'estuaire de la Petitcodiac.

- On devrait utiliser des approches simples pour acquérir une compréhension fondamentale du système estuarien avant d'envisager l'emploi d'analyses ou de méthodes plus complexes.

- Il faudrait enrichir la base de connaissances concernant les systèmes estuariens à très grandes marées par la publication des données et des résultats d'études.

Les membres du comité organisateur de l'atelier ont également tiré de nombreuses conclusions, auxquelles ils souscrivent à l'unanimité (voir l'annexe A). Les principales conclusions sont énoncées ci-dessous.

- La compréhension des changements physiques se produisant tout au long de l'année est essentielle si l'on veut évaluer les conditions environnementales qui existent présentement ou existeraient si des changements étaient apportés à la chaussée et/ou à ses vannes.

- Le lien entre les caractéristiques hydrodynamiques et les sédiments dans les zones de boues fluides est mal compris.

- La collecte de nouvelles données est essentielle si l'on veut combler les graves lacunes actuelles en informations disponibles sur les marées, les courants, les propriétés des sédiments, le régime de glaces et les caractéristiques de la colonne d'eau. Quels que soient le type et la portée des futurs efforts de modélisation, une collecte de données additionnelles serait nécessaire afin d'évaluer adéquatement les impacts éventuels sur l'environnement de tout changement proposé à la gestion de la chaussée de la Petitcodiac.

- Puisque les données existantes relatives aux mécanismes physiques peuvent servir à l'atteinte d'une meilleure compréhension des mécanismes estuariens, elles devraient être synthétisées et examinées de façon à améliorer le niveau de compréhension du régime estuarien de la Petitcodiac. On devrait ajouter les nouvelles données à la base de connaissances existante à mesure que l'on recueillera ces renseignements.

- Comme première étape, l'élaboration de modèles théoriques des différents mécanismes fournirait des indications utiles pour la planification et la tenue de la collecte des données ainsi que la modélisation numérique.

- La modélisation numérique serait un outil efficace aux fins de l'évaluation d'impact sur l'environnement pour la rivière Petitcodiac et son estuaire, mais il faudrait avoir des données supplémentaires et comprendre les interactions entre les caractères

hydrodynamiques et les sédiments dans des milieux dont l'indice de turbidité est très élevé.

- Si elle était fondée sur des objectifs et des critères d'analyse valides d'un point de vue scientifique, l'ouverture expérimentale des vannes existantes dans le barrage-chaussée pourrait fournir des occasions d'acquérir des données additionnelles aux fins de la modélisation. Ces expériences ne devraient être menées que si des dispositions adéquates sont prises pour la collecte de données.

- Tout changement prévu ou apporté à la chaussée de la rivière Petitcodiac nécessitera une surveillance continue, ainsi qu'une modélisation et une évaluation appropriées.

D'après les points de convergence communs et les conclusions formulées, le comité organisateur de l'atelier a énoncé les onze recommandations ci-dessous (voir l'annexe A).

1. Un plan stratégique décrivant l'approche d'étude globale devrait être préparé et adopté, prévoyant notamment une approche graduelle et progressive de collecte de données et de modélisation. On devrait adopter une approche par étapes comportant des activités de collecte de données et de modélisation, de façon que les données puissent être utilisées pour modifier et améliorer les efforts de modélisation subséquents.

2. L'expertise et les ressources disponibles devraient converger vers la synthèse des renseignements existants afin d'amorcer le processus d'élaboration des modèles théoriques pour l'estuaire (voir l'annexe A, tableau 1).

3. La collecte des données de référence sur les niveaux d'eau et sur les coupes transversales du chenal de la rivière devrait se poursuivre.

4. La collecte des données préliminaires et la mise à l'essai des équipements et approches de collecte de données (voir l'annexe A, tableau 2) devraient être réalisées avant la finalisation du cadre de référence pour une évaluation détaillée des travaux de modélisation.

5. On devrait lancer un grand programme d'acquisition de données afin de mieux comprendre les caractéristiques de base des éléments suivants : marées, courants, sédiments et leurs propriétés, régime de glaces, et caractéristiques physiques, chimiques et biologiques standards de la colonne d'eau et de la couche benthique de l'estuaire et de la rivière durant chacune des saisons de l'année. Ce programme devrait être harmonisé avec le plan stratégique.

6. On devrait utiliser différents modèles à des niveaux de complexité appropriés selon les questions auxquelles il faut répondre. Les approches de modélisation devraient évoluer, partant de modèles simples à des modèles plus complexes, s'il y a lieu. Une approche progressive comportant la collecte et l'interprétation des

données en vue de modifier et d'améliorer les efforts de modélisation subséquents devrait être envisagée.

7. Des conditions limites devraient être définies clairement, qui seraient vraisemblablement différentes pour les divers modèles élaborés afin de résoudre des problèmes particuliers.

8. Comme première étape, on devrait envisager une approche fondée sur le bilan massique (modèles théoriques), suivie d'un modèle hydrodynamique unidimensionnel. Il faudrait mettre en place ce modèle avant de faire toute autre modélisation plus détaillée de l'aspect hydrodynamique, des sédiments ou de la qualité de l'eau.

9. Un modèle hydrodynamique unidimensionnel s'étendant du côté océanique entre Salisbury et le cap Hopewell devrait être envisagé avant toute autre modélisation plus détaillée de l'aspect hydrodynamique, des sédiments ou de la qualité de l'eau.

10. Le promoteur du processus d'évaluation de l'impact sur l'environnement devrait examiner différentes approches de modélisation ainsi que les suggestions présentées à l'annexe A, tableau 3, sachant qu'une nouvelle collecte de données est essentielle pour la modélisation, et que cette modélisation est un outil important pour l'interprétation des données en vue des scénarios futurs.

11. On devrait établir un dépôt central pour le partage des données et de l'information. Ce dépôt constituerait un outil important pour le processus d'évaluation environnementale et pour répondre aux demandes de renseignements à caractère scientifique sur une base continue relativement à la rivière Petitcodiac et à son estuaire.

1.0 – INTRODUCTION

Un atelier visant à discuter de la faisabilité du point de vue technique et du rapport coût-efficacité de la modélisation des mécanismes hydrodynamiques et sédimentaires afin d'évaluer les caractéristiques futures de la rivière Petitcodiac et de son estuaire a eu lieu à l'hôtel Beauséjour de Moncton (Nouveau-Brunswick) du 3 au 5 mars 2002. L'atelier était organisé par Environnement Canada et Pêches et Océans Canada, avec la collaboration du ministère des Transports et du ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick; y participaient plus de 65 personnes, notamment des scientifiques spécialistes des estuaires du Canada, des États-Unis, de la Grande-Bretagne, de la Belgique et du Danemark, des scientifiques gouvernementaux et d'autres observateurs.

L'atelier comportait des présentations et des discussions entre des ingénieurs et des scientifiques invités à partager leur expertise sur les aspects physiques des rivières et estuaires, et à recommander la façon de mieux étudier et prévoir l'écoulement de l'eau, le comportement des sédiments et les autres mécanismes physiques selon divers scénarios. Les scientifiques et les ingénieurs ont exprimé diverses opinions concernant la modélisation et la collecte de données connexes. Les opinions et suggestions formulées au cours de l'atelier reflètent les divers horizons scientifiques et techniques, les différentes expériences avec la modélisation numérique et la collecte de données et les connaissances variées des participants concernant l'estuaire et la rivière Petitcodiac. La plupart des scientifiques en visite à Moncton étaient d'accord sur le fait que la combinaison de marées très hautes, de températures froides et de fortes concentrations de sédiments présente des difficultés uniques pour la modélisation, qui ne se retrouvent nulle part ailleurs dans le monde.

L'atelier a fourni l'occasion de discuter des mécanismes physiques qui sous-tendent et déterminent l'écologie de la rivière Petitcodiac et de son estuaire. Pourtant, nous n'avons réussi qu'à avancer d'un pas dans la compréhension des propriétés hydrodynamiques et des processus sédimentaires; cet atelier nous a permis de glaner de l'information pour la planification de futures activités pour l'évaluation des impacts environnementaux de tout changement proposé pour le barrage-chaussée de la rivière Petitcodiac.

On a désigné des personnes qui ont consigné les principaux éléments des présentations, des discussions en table ronde et des séances plénières tenues durant l'atelier. Ces comptes rendus ont ensuite été compilés par les organisateurs de l'atelier et envoyés aux participants afin qu'ils apportent des corrections, au besoin.

Les résultats de l'atelier sont présentés dans les pages suivantes. Malgré leurs efforts pour consigner les principaux points saillants avec le plus d'exactitude possible, les organisateurs de l'atelier et les organismes dont ils relèvent ne peuvent garantir que les pages suivantes renferment tous les éléments majeurs soulevés au cours de l'atelier. Les points mentionnés dans le sommaire n'ont pas tous la même importance, et les

commentaires et suggestions formulés par les participants n'ont pas été évalués officiellement, ni leur validité vérifiée.

La prochaine section présente le cadre de référence préparé pour l'atelier, qui contient les objectifs, les résultats prévus et les enjeux dont il faut tenir compte dans la modélisation. Ensuite, vient la section montrant, sous forme d'énumération, les points importants des présentations, des tables rondes et des discussions en petits groupes. La même section se termine par certaines conclusions et suggère les prochaines étapes préparées par le facilitateur de l'atelier, M. Michael Chadwick, Ph.D., du ministère des Pêches et des Océans. On trouvera aussi dans ce document des renseignements importants et pertinents recueillis tout au long de la préparation de l'atelier et les recommandations officielles du comité organisateur de l'atelier présentées au gestionnaire responsable du processus d'évaluation de l'impact sur l'environnement de la province du Nouveau-Brunswick le 25 mars 2002. Il y a six annexes au total jointes à la fin du présent document.

Annexe A - Recommandations du comité organisateur de l'atelier sur la modélisation de la rivière Petitcodiac et de son estuaire
Annexe B - Programme de l'atelier
Annexe C - Résumés des présentations
Annexe D - Curriculum vitae des présentateurs
Annexe E - Liste des participants
Annexe F - Liste des réunions en petits groupes

2.0 – CADRE DE RÉFÉRENCE DE L'ATELIER

Titre de l'atelier :

Atelier technique sur la rivière Petitcodiac et son estuaire : modélisation de l'hydrologie et des sédiments en appui à une évaluation d'impact sur l'environnement

Date : Du 3 au 5 mars 2002

Lieu : Hôtel Beauséjour, Moncton (Nouveau-Brunswick) Canada

Objectif :

L'atelier a pour but de déterminer des approches de modélisation techniquement réalisables et ayant un bon rapport coût-efficacité qui pourraient servir à évaluer l'écoulement de l'eau et le déplacement des sédiments dans la rivière Petitcodiac et son estuaire dans les conditions actuelles et selon différents scénarios d'ouverture dans le barrage-chaussée de la rivière Petitcodiac. Les résultats de ces modèles seraient nécessaires à la tenue de l'évaluation de l'impact sur l'environnement.

Résultats prévus

1. Un échange d'information concernant les mesures sur le terrain, la collecte de données et la modélisation de l'hydrologie et des sédiments relatifs à la rivière Petitcodiac et à son estuaire et les leçons apprises à partir d'études de cas dans d'autres parties du globe qui seraient pertinentes pour la rivière Petitcodiac.

2. Un sommaire des opinions d'experts au sujet de la situation actuelle : l'estuaire a-t-il atteint un état d'équilibre et qu'arriverait-il si l'on n'apportait aucun changement au barrage-chaussée de la Petitcodiac?

3. Un sommaire des opinions d'experts en ce qui a trait aux mesures sur le terrain et à la modélisation numérique de l'estuaire de la rivière Petitcodiac, dans les conditions existantes et selon plusieurs scénarios d'ouverture du barrage-chaussée de la Petitcodiac. Ce sommaire devrait énoncer les avantages et les inconvénients liés aux différentes approches de modélisation et les contraintes et limites des diverses méthodologies.

4. En supposant que l'on puisse déterminer une ou deux approches qui seraient préférables, fournir une estimation de l'ordre de grandeur des coûts et des investissements nécessaires en temps et en argent afin de recueillir les données connexes sur le terrain, de faire l'étalonnage du modèle, d'appliquer la séquence d'utilisation du modèle et d'analyser les prévisions issues de la modélisation pour divers scénarios.

5. La préparation d'un sommaire de l'atelier, y compris un programme annoté, l'enregistrement audio et des copies des présentations faites à l'atelier, aux fins d'utilisation surtout par les planificateurs de l'environnement et les promoteurs, d'ici le 20 mars 2002.

Questions à étudier au moyen de la modélisation

La modélisation doit pouvoir simuler les conditions existantes, et au moins deux scénarios d'ouverture des vannes du barrage-chaussée jusqu'à un maximum de 300 mètres de largeur, pour lesquels on devra peut-être établir des prévisions sur 20 à 50 ans, selon les questions à résoudre. Les principales questions sont les suivantes :

1. Estimations des **changements aux caractéristiques hydrodynamiques** de l'estuaire en aval de la chaussée et dans la rivière en amont de la chaussée, notamment :
    - variations de l'amplitude des marées ou des composantes/caractéristiques des marées;
    - modification du mascaret à moins de 5 km en aval de la chaussée;
    - augmentation ou diminution du potentiel et de l'amplitude des ondes de tempête à 10 km en amont et en aval de la chaussée;
    - augmentation ou diminution des risques d'inondation des terres en amont et en aval de la chaussée à cause du ruissellement des eaux douces, de l'accumulation de boues ou de l'érosion, des effets des marées et des ondes de tempête, de l'accumulation de glaces, de la formation d'embâcles, des caractéristiques hydrodynamiques de l'écoulement, des transitions entre un écoulement supercritique et un écoulement critique, du passage de l'eau à travers les vannes ou autour de piliers de pont éventuels.

2. Estimations des **changements locaux dans les sédiments** à moins de 5 km en amont de la chaussée et à moins de 10 km en aval de la chaussée, ainsi que la bathymétrie prévue, y compris l'érosion et/ou les dépôts des vasières et l'emplacement du chenal. Les prévisions relatives au devenir des sédiments accumulés dans le secteur de la chaussée. Le processus de gel et de dégel doit être pris en compte.

3. Estimations de la **composition des sédiments et des taux de sédimentation** à 40 km en aval de la chaussée dans les zones de pêche du homard et les aires de repos des oiseaux de rivage migrateurs dans les zones intertidales de la baie Shepody.

4. Estimations de l'**érosion ou de l'envasement des berges de la rivière** jusqu'à 40 km en aval de la chaussée et jusqu'à 20 km en amont. À quels endroits faudra-t-il prévoir une protection des berges et où les marais salés sont-ils susceptibles de se former ou de disparaître? Y a-t-il des zones où l'érosion des berges sera dominée par l'action des vagues et faut-il en faire la modélisation?

5. Estimations des **taux de dilution et du devenir de l'effluent** à partir de la station de traitement primaire des eaux usées en aval de la chaussée. Les taux de dilution devront être établis relativement à toutes les options, notamment dans les conditions existantes.

3.0 – SURVOL DES PRÉSENTATIONS ET DES RÉUNIONS EN PETITS GROUPES

4 mars 2002

3.1 - Introduction

3.1.1 – Historique et milieu physique de la Petitcodiac - Denis Haché

- L'accumulation des sédiments a commencé avec la construction de la chaussée.
- Le mascaret était de 2 m de haut en 1906; maintenant il n'atteint que 0,20 m.
- Le dépôt des sédiments et l'érosion varient considérablement, même entre les cycles de marée.
- Il y a une différence de 9 m dans l'épaisseur des sédiments entre les crues printanières et la période d'étiage.
- Le fond du chenal est environ 10 m plus élevé que son niveau historique.
- Le volume de boue accumulée est d'environ 120 x 10^6 m^3 jusqu'à présent.
- L'accumulation de boue entre 1991 et 2001 est d'environ 16 x 10^6 m^3 de boues. Depuis peu, il y a des accumulations qui se produisent plus loin en aval.
- Environ 10 x 10^6 m^3 de sédiments se sont accumulés dans le bassin d'amont de la chaussée.
- Il y a eu plusieurs expériences d'ouverture des vannes : 1968, 1988, 1989, 1990, 1998 et 1999. On peut utiliser les renseignements consignés durant ces expériences pour aider à comprendre les mécanismes à l'œuvre.
- L'estuaire n'est pas dans un état d'équilibre – l'accumulation de boue se produit plus loin en aval et le bassin d'amont continue de se remplir.

3.1.2 – Rapport sur la faisabilité de la modélisation - David Willis

Référence du rapport :

Feasibility of Modelling the Petitcodiac Estuary, Report No NBE-1 – David H. Willis and Associates Ltd, 31 mars 1999

- Les modèles hydrodynamiques sont réalisables du point de vue technique, mais pas nécessairement du point de vue économique – une somme importante de données de terrain est nécessaire.
- Les propriétés des boues doivent être étudiées plus à fond. Les spécialistes de la modélisation et des sédiments ont des divergences d'opinions.
- Il faut disposer d'un modèle propre à la Petitcodiac au lieu d'utiliser un modèle commercial existant.
- Aux fins de cet exercice, on suppose que les boues sont liquides là où la concentration est de 10 mg/L.

3.2 – Séance sur l'hydrodynamique

3.2.1 – Modélisation de conditions d'écoulement complexes - David Willis pour Norm Crookshank

- Le Centre d'hydraulique canadien, au Conseil national de recherches du Canada, dispose de diverses capacités de modélisation.
- Capacité de modélisation spatiale unidimensionnelle, bidimensionnelle et tridimensionnelle.
- Chaque modèle a ses points forts et ses faiblesses. Par exemple, le modèle Telemac permet l'intégration de l'inondation et de l'assèchement des sédiments. Le modèle CUMBSED tient compte de l'érosion et de l'envasement. Environnemental Simulation System (EnSim) dispose d'une variété de modèles et d'applications.
- Exemples d'applications – rivières Athabasca et Rideau au Canada, et à Laem Chabang en Thaïlande.

3.2.2 – Modélisation de la turbulence - Noboru Yonemitsu, Ph.D.

Scepticisme concernant les modèles numériques pour les raisons suivantes :

- interaction des fluides et des sédiments,
- complexité des conditions limites,
- temps de mélange variant entre 1 seconde et des centaines de jours,
- chaque estuaire a des caractéristiques qui lui sont propres, et la perspective tridimensionnelle revêt une grande importance,
- les hypothèses qui se fondent sur des moyennes doivent être remises en question,
- la plupart des estuaires sont stratifiés en fonction de la densité, ce qui freine le mélange vertical.

3.2.3 – Modélisation par éléments finis - Dave Greenberg, Ph.D.

- Les approches fondées sur les éléments finis sont souples et la résolution peut être augmentée dans les zones d'intérêt.
- L'expérience en modélisation visant à simuler le blocage de l'énergie marémotrice au fond de la baie de Fundy montre que l'impact de barrages sur le régime tidal peut se faire sentir à grande distance (jusqu'à Boston dans certains cas).
- Pour modéliser la rivière Petitcodiac, nous devons disposer de données bathymétriques récentes puisque le lit de la rivière est très changeant, p. ex., l'affouillement important observé récemment au fond de la baie de Fundy.
- LIDAR est une source précieuse de données d'altitude à haute résolution.

3.2.4 – Dispersion de l'effluent - Jochen Schroer

- Les modèles simples sont efficaces pour prédire le mélange d'effluent local (rivière Miramichi).
- On peut lier des modèles simples de mélange en champ proche avec un modèle hydrodynamique pour étudier la dispersion.
- La dispersion plus éloignée est difficile à prédire avec des modèles simples.
- Les eaux d'égout de Moncton subissent un traitement primaire, sans diffuseur, et le volume de l'effluent est relativement élevé.
- Aucun objectif de qualité de l'eau n'est établi pour la rivière Petitcodiac et son estuaire.

3.2.5 – Survol des approches de modélisation - Andrew Driscoll

- Tous les modèles ont des points forts et des faiblesses.
- Les modèles unidimensionnels sont simplistes mais souples.
- Le cadre de référence de l'atelier est ambitieux et nécessite une série d'applications hybrides mettant en jeu des modèles unidimensionnels, bidimensionnels et tridimensionnels.

3.2.6 – Table ronde – Séance sur l'hydrodynamique

- Nous pouvons modéliser l'hydrodynamique sans tenir compte des sédiments, mais on peut douter de la validité de cette approche.
- Il faut mesurer le rôle des glaces dans le mouvement des sédiments.
- Il faut valider nos modèles.
- On doit disposer de données récentes, p. ex., les études avec LIDAR.
- Le modèle unidimensionnel peut être approprié pour l'évaluation du contrôle des vannes.
- On doit tenir compte des vagues, en particulier du côté extérieur de la baie.

3.3 – Séance sur les sédiments

3.3.1 – Transport des sédiments cohésifs - Krish Krishnappan, Ph.D.

- Un modèle tenant compte des sédiments doit pouvoir prédire la concentration de sédiments de la surface jusqu'au fond.
- La seule approche valide consiste à traiter les fluides et les sédiments en quatre couches distinctes : en suspension, boue fluide, lit partiellement consolidé et lit totalement consolidé.
- On doit définir précisément les flux entre les couches.
- La force de cisaillement contrôle la taille des flocs; quand la force de cisaillement est faible, les particules fines restent en suspension et les plus lourdes se déposent.

- Des instruments sont disponibles pour mesurer la force de cisaillement et la stabilité des sédiments.

3.3.2 – Comportement des sédiments en milieu à forte turbidité - Tim Milligan

- La relation entre les grains simples et les flocs dépend de la concentration et de la turbulence.
- La boue est génératrice de boue.
- Implications pour la Petitcodiac :
  - forte concentration et force de cisaillement variable,
  - sédimentation rapide, vitesse de dépôt des boues fluides d'environ 1 cm/sec,
  - flocs et agrégats se comportent différemment, donc il faut appliquer des modèles différents,
  - on ne connaît pas la vitesse de sédimentation sur place des flocs,
  - la viscosité des flocs est déterminée biologiquement et a une incidence sur leur taille.

3.3.3 – Propriétés des sédiments fins en suspension près du fond - Richard Faas, Ph.D.

- Le temps de sédimentation contrôle la densité des sédiments.
- Les boues fluides ne se comportent pas comme les fluides newtoniens, où la force de cisaillement et le taux de cisaillement sont constamment proportionnels.
- Les boues fluides sont généralement de trois types à caractère non newtonien.
- La viscosité varie en fonction du temps et de la densité; on ne peut pas se fonder sur une valeur unique.

3.3.4 – Estimations du bilan sédimentaire - Carl Amos, Ph.D.

- Il y a environ 1 x 10^6 m^3 de sédiments en suspension en tout temps au fond de la baie de Fundy, y compris dans le bassin Cumberland et la baie Shepody.
- La chaussée a joué le rôle d'un aspirateur et a extrait 120 x 10^6 m^3 de sédiments du fond de la baie de Fundy qui, en l'absence de la chaussée, auraient fourni des apports aux marais salés en aval.
- La turbidité doit être mesurée dans le réseau de la Petitcodiac.
- La concentration des sédiments est toujours plus élevée dans la partie intérieure de la baie.
- Il n'y a jamais eu de profil vertical effectué dans le réseau de la Petitcodiac.
- Les sédiments rougeâtres de la Petitcodiac ressortent très clairement à l'imagerie satellite.
- L'amplitude des marées augmente dans la baie de Fundy – il y a 3 000 ans, Moncton était à la hauteur limite de la marée.
- Les effets des glaces sont méconnus et probablement importants.
- Les sédiments proviennent à 85 % du fond de la mer, à 12 % de l'érosion des falaises et à 3 % des rivières.

3.3.5 – Table ronde – Séance sur les sédiments

- On peut mesurer la turbidité moyenne dans la Petitcodiac au moyen de la technologie par satellite.
- Pour la distribution verticale des concentrations, on doit faire l'étalonnage à l'aide d'échantillons prélevés sur le site.
- Les boues s'accumulent devant la chaussée à cause de la diminution de la force de cisaillement (turbulence moins forte).
- Les sédiments sont aspirés en dehors du fond de la baie de Fundy et déposés près de la chaussée plutôt que de former des terres humides ailleurs.
- La concentration des sédiments peut être mesurée au moyen d'un turbidimètre à rétrodiffusion optique (type OBS).
- Les distributions verticales des courants peuvent être mesurées à l'aide d'un profileur de courant acoustique à effet Doppler (dans la plupart des milieux).

3.4 – Première réunion en petits groupes

3.4.1 - 1A – Comment peut-on résoudre le problème du manque de connaissances sur les sédiments cohésifs dans les efforts de modélisation? Facilitateur - Tim Milligan

- Devrait-on entreprendre une exploration des données pour utiliser pleinement les données existantes?
- Il nous faut des mesures fiables prises sur le terrain, p. ex., floculation de densité en fonction du temps, profondeur du chenal, vitesse de sédimentation.
- Les observations en hiver posent certains problèmes et ont toujours été rares.

Suggestions

- Utiliser le pont Gunningsville existant comme plate-forme de mesure.
- Utiliser le système LIDAR pour mesurer la bathymétrie du chenal ou la morphologie des secteurs d'assèchement.
- Utiliser la télédétection par satellite pour mesurer les turbidités moyennes.

Questions fondamentales sans réponse

- Est-ce que l'estuaire est en état d'équilibre?
- Quel est le bilan massique des sédiments dans le réseau?
- Quelles sont les propriétés de la boue?
- Où se trouve la limite appropriée en aval lorsqu'on modélise les flux de sédiments?
- Quel est le devenir des sédiments déposés en fonction des saisons? Est-ce qu'ils sont remis en suspension?

3.4.2 - 1B – Quels sont les paramètres importants en rapport avec la

modélisation? Facilitateur – David Willis

- Les enjeux relatifs à la modélisation dans le cadre de référence de l'atelier sont trop détaillés et il ne faut pas les appliquer dès le départ. Il suffirait de deux ou trois grandes étapes pour l'avenir.
- Réviser les enjeux du cadre de référence afin de suivre une approche plus globale pour l'acquisition d'une compréhension de base.
- Utiliser le modèle nichés et des modèles unidimensionnels pour déterminer le bilan des sédiments et leurs mouvements (zone d'érosion, dépôt des alluvions) dans différents scénarios.
- Utiliser les vannes pour réaliser des expériences, en parallèle avec l'emploi de modèles unidimensionnels et du modèle nichés afin de comprendre les variations possibles.
- Il faut une batterie complète de mesures dans l'estuaire : bathymétrie, turbidité, morphologie, charges de sédiments, biologie des sédiments (azote, phosphore, bactéries, etc.).
- Un modèle hydrodynamique principal devrait être mis au point pour toutes les provinces des Maritimes afin de servir à toutes les applications côtières requises partout dans la région. À cette fin, il faut une approche multilatérale.

3.4.3 - 1C – Quels seront les défis à relever dans la modélisation de l'estuaire de la Petitcodiac? Facilitateur – Spyros Beltaos, Ph.D.

- Il faut disposer de données de terrain détaillées afin de déterminer s'il y a une stratification verticale en fonction de la salinité et des concentrations de sédiments. (Il pourrait y avoir des ramifications pour la modélisation tridimensionnelle, qui est également utile pour le calcul de la force de cisaillement.)
- Des données de terrain sont nécessaires dans d'autres domaines, comme les mécanismes qui sous-tendent le régime de glaces.
- Les capacités de modélisation existantes sont insuffisantes pour fournir un seul modèle inclusif (tenant compte de l'hydrodynamique ainsi que des sédiments, des mécanismes du régime de glaces, etc.).
- Il serait plus réaliste d'utiliser une combinaison de modèles de complexité différente.
- Certains aspects du problème (p. ex., déplacements, emplacement des méandres) ne peuvent pas être modélisés. Il faut les évaluer en utilisant des approches empiriques.
- Les modèles ne peuvent pas prédire les conditions futures, mais on peut s'en servir pour comparer des scénarios.
- L'élaboration de modèles devrait aller de pair avec l'acquisition de données, peut-être selon un processus graduel de modélisation avec étalonnage/mise à l'essai, acquisition de données, amélioration du modèle, nouvelles données, etc.
- Est-ce que la restauration éventuelle du mascaret est importante? Le modèle devrait-il tenter de simuler cette condition?

- Une meilleure définition des source(s) de sédiments séquestrés dans l'estuaire est nécessaire.
- Les épisodes de ruissellement extrême et de transport connexe des sédiments doivent être pris en compte, et aussi la possibilité d'un blocage de l'estuaire par les glaces si la chaussée est enlevée.

3.5 – Séance sur les études de cas – Expériences en Europe

3.5.1 – Transport des sédiments cohésifs - Erik Toorman, Ph.D.

- Il y a beaucoup d'incertitude en ce qui a trait à la modélisation. Les modèles physiques et numériques ont chacun des points forts et des faiblesses. Les données utilisées pour faire l'étalonnage des modèles et délimiter les domaines peuvent aussi être sources d'incertitude.
- Les faiblesses des modèles tiennent à la façon de modéliser les échanges dans les sédiments de fond, les effets de fortes concentrations de sédiments, les effets de l'écoulement laminaire, l'érosion massive et le transport des sédiments de fond.
- Une application a été présentée pour le projet Flyland aux Pays-Bas et le Mont Saint-Michel en France. Dans ce dernier cas, on a utilisé des modèles physiques et numériques (pour déterminer les conditions aux limites).
- Il nous faut valider les modèles dans plusieurs conditions différentes.
- Les modèles numériques n'ont pas réussi à reproduire les résultats de laboratoire même quand des données détaillées étaient disponibles.
- Il est souvent difficile de comparer efficacement des modèles différents (modèles d'ingénierie et de recherche).

3.5.2 – Méthodes et projets de modélisation d'estuaires - Ole Petersen, Ph.D.

- Le modèle estuarien comporte deux volets qui interagissent l'un avec l'autre par des mécanismes de diffusion, et en fonction de la densité et de la profondeur.
  - Hydrodynamique = écoulement, turbulence, salinité/température
  - Sédiments = sédiments en suspension et dépôts sur le lit de la rivière
- La modélisation est un outil qui facilite des discussions rationnelles.
- Les modèles ouvrent une fenêtre permettant d'étudier les conditions réelles. On peut déplacer cette fenêtre pour changer le point de vue, mais si l'on veut agrandir la fenêtre pour prendre en compte plus de facteurs, les coûts sont très élevés.
- Il faut appliquer des modèles différents pour des problèmes différents. On doit choisir le modèle le plus approprié pour étudier un problème en particulier.
- Pour utiliser des modèles, il faut disposer de données propres au site visé.
- Exemples de modèles : l'estuaire du fleuve Tamar (Angleterre), fjord Mariager (Danemark), la Loire (France), la base aérienne de Hamilton (San Francisco) et les Belt Links (Danemark).

3.6 – Exposé principal : « Là où les anges n'osent s'aventurer – Expérience dans la baie de Fundy » - Graham Daborn, Ph.D.

- Une recherche multidisciplinaire est primordiale.
- La rivière Petitcodiac et son estuaire sont l'endroit parfait pour des études conjointes comme l'étude sur les propriétés des sédiments dans les zones littorales (LISP).
- Tous les obstacles sont différents; chacun a ses impacts particuliers sur les sédiments et sur le régime hydrodynamique.
- Quand nous arrivons dans un environnement et que nous tentons de le modifier sans crier gare, nous prenons des risques énormes.
- Sur la plage Évangéline, dans le bassin Minas (Nouvelle-Écosse), la stabilité des sédiments en été repose sur l'interaction *Corophium*/diatomées.
- Il a fallu plus de 30 ans pour voir les effets de la chaussée construite sur la rivière Annapolis, en Nouvelle-Écosse.
- Nous devrions obtenir la participation des collectivités en tant que partenaires.
- Les scientifiques ont la responsabilité d'expliquer ce qui se fait et pourquoi on le fait.

5 mars 2002

3.7 – Séance spéciale sur les mécanismes des courants de marée

3.7.1 – Piégeage des particules dans les estuaires stratifiés – Bob Chant, Ph.D.

- La stratification verticale est un paramètre important dans un estuaire.
- Dans les estuaires dominés par les crues (p. ex., crues rapides, reflux lent), les particules sont entraînées vers l'intérieur de l'estuaire.
- Le mascaret est un exemple extrême d'un réseau dominé par le courant de flot.
- L'effet de poussée hydrostatique sur les estuaires dominés par le courant de flot renforce le piégeage des particules.
- La stratification empêche le mélange lors du reflux et les particules restent emprisonnées dans l'estuaire.

3.7.2 – Ondes de tempête - Hal Ritchie, Ph.D.

- Il faut utiliser une jauge de marée pour dresser l'historique des marées afin de prédire les ondes de tempête dans la rivière Petitcodiac et son estuaire.
- Les ondes de tempête dans la baie de Fundy sont difficiles à prévoir à cause des interactions non linéaires avec de fortes marées et du manque de données précises (jaugeage) sur l'amplitude des marées.

- On doit mener des recherches pour améliorer l'exactitude de l'information sur les ondes de tempête dans la baie de Fundy, mais c'est une tâche faisable.
- La station de jaugeage existante dans le port de Saint John est trop éloignée et l'on a découvert récemment des inexactitudes dans ses dossiers.

3.7.3 - Glaces - Brian Morse, Ph.D.

- Les glaces font varier la salinité, le débit, les courants, les températures et la qualité de l'eau d'un estuaire.
- L'estuaire de la Petitcodiac compte 5 zones : en amont de la chaussée, qui renferme de la glace de rivière normale en hiver; la zone 2, où l'on voit des glaces verticales de la chaussée jusqu'à Dover; les zones 3 et 4, où les glaces produites remontent la rivière; la zone 5, libre de glace.
- Les conditions hivernales et estivales nécessitent des modèles différents pour la Petitcodiac.
- La modélisation des conditions glacielles doit tenir compte de trois composantes : la production de glaces, le transport des glaces flottantes et l'échouement subséquent des glaces.
- Au milieu de l'hiver, le volume des glaces produites, transportées et échouées dépend de la largeur et de la longueur de l'estuaire.
- À la fonte des glaces, on doit modéliser l'interaction entre les sédiments de glace et évaluer les glaces chargées de sédiments.
- Les variations dans le volume d'eau salée/eau douce modifient les gains de chaleur et donc le régime des glaces.

3.8 – Séance sur la collecte de données

3.8.1 – Marées dans la baie de Fundy - Charlie O'Reilly

- Dans le bassin Minas (Nouvelle-Écosse) on enregistre les marées les plus hautes du monde, avec une amplitude de 16,3 m.
- Il y a une augmentation de l'amplitude des marées dans la baie de Fundy.
- L'affouillement du fond marin semble aller jusqu'à 40 m au large du cap Enragé.
- Entre 2003 et 2008, on prévoit des marées de périgée printanières plus faibles, réduisant les impacts des ondes de tempête.
- L'étude bathymétrique la plus récente visant à dresser une carte de l'estuaire de la Petitcodiac a été faite en 1941.
- Les données doivent être harmonisées à l'échelle mondiale avec le dispositif NAD83, pour les marées minimales prévues.
- Les données relatives à Moncton sont très douteuses.
- Il faut installer des stations d'observation marégraphique dans l'estuaire afin de mieux comprendre les caractéristiques des marées.

3.8.2 – Levés hydrographiques de la Petitcodiac – Jean-Claude Vautour

- Des levés complets de la Petitcodiac sont disponibles pour 1861, 1991 et 2001.
- Ces levés comprennent 33 coupes transversales de la rivière à intervalles d'environ 1,5 km.
- Ces levés sont faits à partir du pont-chaussée jusqu'à la baie Shepody.
- Les données récentes sont géoréférencées (par triangulation géodésique). Le système de référence du levé de 1861 n'est pas connu.
- L'exactitude verticale des sondeurs-enregistreurs de profondeur dépend des sédiments, de la vitesse du son, de la correction en fonction des marées et de la position du transect.
- Seules les données de 2001 sont disponibles en format numérique pour les coordonnées x, y et z.
- Il n'y a aucun profil disponible relativement à la salinité.

3.8.3 - Télédétection - Tim Webster

- RADARSAT – fournit les caractéristiques de la couverture terrestre dans toutes les conditions météorologiques possibles; le coût est de 650 $ par 100 km^2.
- RADARSAT 2 – comme ci-dessus, mais utilise un faisceau vertical et horizontal.
- Ikonos – résolution de moins de 1 m; coût de 39 $ par km^2. Les données d'archive coûtent moins cher.
- QuickBird – Résolution de 0,7 m; coût de 75 $ par km^2.
- LIDAR – Dénivellation du sol : intervalles de grille à 3 m et +/- 15 cm de précision verticale, la boue humide et lisse n'est pas une bonne cible; utilisation par temps clair seulement; coût minimal : 20 000 $.
- CASI – Bandes programmables, corrections géométriques nécessaires; coût : 28 $/$km^2$.

3.8.4 - Acquisition de données dans les estuaires - Gary Bugden

- Il est difficile de déployer et de récupérer les instruments dans des milieux boueux.
- Le profileur de courant acoustique à effet Doppler (ADCP) peut être orienté vers le haut ou le bas ou en position horizontale. Il y a des problèmes de distorsion de l'écho dans la couche d'eau douce et la couche de boue fluide.
- Des systèmes à circulation continue sont disponibles pour mesurer les sédiments et la salinité.
- Les sondes à conductivité-température-profondeur (CTD) peuvent devenir obstruées par les sédiments.
- Il faut faire des essais pour déterminer quels sont les instruments qui sont fiables dans l'estuaire de la Petitcodiac.
- On n'a pas assez de données de terrain pour envisager même la conception d'un modèle.
- Les vieilles méthodes de collecte de données pour plus d'un type de données peuvent être plus appropriées et le public en général peut y participer.

3.8.5 – Table ronde – Séance sur la collecte de données

- Les sondeurs à haute fréquence peuvent repérer la boue fluide dans la Petitcodiac. Les sondeurs à basse fréquence peuvent montrer le fond. La différence entre les deux pourrait permettre de délimiter la couche de boue fluide.
- Le profileur acoustique de courant à effet Doppler (ADCP) à haute fréquence pourrait être plus efficace que les instruments à basse fréquence dans la Petitcodiac.
- Au moyen d'un dispositif de pistage du fond combiné à un système de positionnement global numérique, on pourrait mesurer le déplacement de la boue.
- Les dispositifs de mesure de l'atténuation des rayons gamma peuvent être efficaces en cas de turbidité élevée; ils ont été utilisés dans la baie de Fundy et en Hollande.
- La stratification en fonction de la densité dans la Petitcodiac peut être due aux sédiments et non à la salinité.
- Le service des incendies de Riverview est disposé à fournir gratuitement l'usage d'un bateau pour la collecte de données.
- L'incertitude touchant non seulement les mesures de l'amplitude des marées mais aussi la bathymétrie est une autre source de problèmes en modélisation.

3.9 – Deuxième réunion en petits groupes

3.9.1 - 2A – Quel est le moyen le plus efficace et économique de recueillir des données aux fins de la modélisation? Facilitateur – Carl Amos, Ph.D.

- Le type de données requises dépend du modèle utilisé.
- Il faut recueillir et compiler les données bathymétriques.
- On doit mesurer les niveaux d'eau (mascaret, hydrodynamique) d'au moins trois points différents au fil du temps.
- Il faut compiler les données sur l'écoulement d'eau douce.
- Il faut des mesures détaillées à court terme en des endroits clés à des heures clés.
- Il faut aussi des mesures à long terme en des endroits clés pour connaître les variations saisonnières de facteurs comme la vélocité et la turbidité.
- On pourrait placer une caméra sur une balise de pylône radio pour prendre des photographies à intervalles réguliers de la rivière. Il y a un faible risque de perdre l'équipement ou de l'endommager.
- La géométrie du chenal sera altérée par les glaces.
- Commencer par des méthodes simples!

3.9.2 - 2B – Comment les expériences sur l'exploitation des vannes peuvent-elle servir comme méthode viable pour recueillir des données? Facilitateur – Denis Haché

- Un obstacle muni d'ouvertures représente une condition peu usuelle dans les autres estuaires.
- Il faut faire des expériences pour : combler des lacunes précises dans les connaissances et données (p. ex., stabilité des berges dans le champ proche), faire une exploration complète des données recueillies afin d'améliorer notre compréhension de l'estuaire, et déterminer si les modèles sont crédibles et contribuent à la prise de décisions.
- On doit connaître les limites qui seraient imposées aux vannes dans le cadre de l'évaluation de l'impact sur l'environnement, sinon l'expérience risque d'échouer.
- On devrait faire le point sur nos connaissances de l'état actuel de l'estuaire (sédiments) avant d'amorcer toute expérience. Il faut comprendre les mécanismes existants.
- Si l'on fait des expériences, il faut assurer une surveillance serrée de tous les paramètres parce que notre base d'information est très limitée.
- Si les vannes de la chaussée de Memramcook étaient ouvertes en premier, on pourrait utiliser cette expérience à petite échelle pour observer les changements.

3.9.3 - 2C – Comment la collecte de données peut-elle être optimisée aux fins de la modélisation? Facilitateur – Tim Milligan

Processus :

1. Données de base
2. Modèle théorique
3. Données additionnelles
4. Peaufinage du modèle
5. Répéter 3 et 4

- L'exploration des données et la collecte de données fondamentales sont nécessaires en vue d'élaborer des modèles théoriques. Élaborer un modèle graduel, avec rétroaction d'après les résultats de la collecte de données continue.
- Pour les modèles hydrodynamiques, il faut des données sur les marées, les courants, les profils de chenal (en fonction du temps), les conditions aux limites, le débit de la rivière (conditions d'écoulement, niveau d'eau), la structure en fonction de la densité (solides totaux en suspension, salinité, température), des mesures synoptiques.
- Dynamique des sédiments : concentration, vitesse de sédimentation, érosion.
- Évolution temporelle/spatiale des paramètres : effets saisonniers (glaces, biologie), bilan des sédiments, interaction étroite avec l'hydrodynamique.
- Faut-il utiliser les données historiques relatives au chenal comme point de départ d'un modèle simple?

3.10 – Séance d'étude de cas – Autres expériences en modélisation d'estuaires

3.10.1 – Expériences récentes en modélisation du transport des sédiments cohésifs - Doug Scott, Ph.D.

- On peut perdre du temps à se battre entre modélisateurs pour savoir lequel propose le meilleur scénario. Un modèle est seulement un outil permettant de comprendre les processus. Il faut aussi examiner les données de terrain avec un certain niveau de détail.
- Il est primordial d'avoir une approche intégrée de travail en équipe.
- On doit utiliser plus qu'une seule installation d'analyse des sédiments lorsque l'on détermine les caractéristiques de base.
- Définir les conditions aux limites (autrement il y aura une trop grande variabilité).
- Il faut intégrer les modèles et les mesures pour déboucher sur des solutions.
- Les variations survenant dans l'estuaire de la Petitcodiac doivent être contrôlées au moyen d'une surveillance continue, de la modélisation et de l'évaluation.

3.10.2 – Modélisation de l'érosion; implications pour la Petitcodiac - Michael Davis, Ph.D.

- Les modèles sont nécessaires – à grande et à petite échelle, unidimensionnels et bidimensionnels tant pour les facteurs hydrodynamiques que morphologiques.

- Il faut prendre des mesures, faire des expériences, consulter les gens qui connaissent la rivière et examiner l'analyse des données historiques (p. ex., documents de Bray).
- Réaliser des travaux de terrain rapidement et dès le départ (par exemple, sur la propension à l'érosion, les caractéristiques, la rugosité, la taille des flocs, etc.).
- Le travail de terrain est essentiel. Utiliser le pont de Gunningsville, ou travailler à partir de la berge, près du Château Moncton.
- Il est difficile de déterminer les caractéristiques des sédiments dans l'estuaire de la Petitcodiac.
- Utiliser l'exploration des données pour établir les limites pour l'écoulement et les sédiments.
- Faire connaître les données et les fondements scientifiques pour asseoir sa crédibilité.

3. 11 – Troisième réunion en petits groupes

3A, 3B et 3C – Quelles approches de modélisation seraient appropriées pour la Petitcodiac?

3.11.1 - 3A – Est-ce que l'on devrait envisager l'usage de modèles nichés? (Discussion sur les approches de modélisation) Facilitateur – David Willis

- On peut maintenant se servir de modèles pour la modélisation de l'hydrodynamique, des vents, des glaces, de l'exploitation des vannes et des polluants, mais pas des sédiments. Normalement, l'approche utilisée serait fondée sur un modèle unidimensionnel menant à l'élaboration d'un modèle horizontal bidimensionnel. Utiliser une grille à maille fine dans les secteurs d'intérêt.
- Pour modéliser les sédiments, l'érosion, le dépôt d'alluvions, le transport, l'érosion des berges, utiliser un modèle vertical bidimensionnel menant à un modèle tridimensionnel.
- Pour modéliser le mascaret, un modèle physique (sur le terrain?) peut être nécessaire. Les modèles numériques du mascaret devront au minimum être de type horizontal bidimensionnel.
- Pour modéliser les glaces, on recommande un modèle horizontal bidimensionnel pour le transport des glaces et les embâcles, et un modèle théorique des mécanismes survenant en hiver, tenant compte des sédiments.
- Pour prédire la géomorphologie à long terme, on peut envisager l'emploi d'un modèle unidimensionnel. Voir le passage sur l'équilibre théorique dans Bray, DeMerchant et Sullivan, 1982.
- Pour établir des modèles hydrauliques numériques de la Petitcodiac, il faudra un espacement de quadrillage de 10 m sur 25 m dans le chenal et les vasières du

secteur d'intérêt, et de 250 m sur 300 m dans la baie de Shepody. Des modèles nichés aux différences finies peuvent permettre d'y arriver.

3.11.2 - 3B – Quel degré de précision serait raisonnable pour la modélisation d'un estuaire comme celui de la Petitcodiac? Facilitateur – Graham Daborn, Ph.D.

Il faut un modèle ayant une précision théorique.

Questions

- Quel est le rôle joué par la charge de sédiments en suspension sur le mélange et la charge de fluides?
- Quel est le rôle joué par la stratification en fonction de la salinité?
- Quel est le rôle joué par l'assymétrie des marées?
- Peut-on établir une corrélation entre les mesures des propriétés de l'eau et les variations saisonnières dans le chenal?
- Quel est le rôle joué par les glaces?
- Quel est le rôle joué par les composantes biologiques?

Il faut mesurer des coupes transversales du chenal : topographie, charge totale de sédiments en suspension, densité, salinité, vélocité, érodabilité, etc.

3.11.3 - 3C – Combien de temps devrait être alloué pour la collecte de données et la modélisation? Facilitateur – Doug Bliss

Approche de modélisation :

- Utiliser les services de personnes éclairées, qui connaissent bien les problèmes de la Petitcodiac.
- Commencer par la prise des mesures. Les données obtenues guideront le choix des modèles théoriques à employer.
- Utiliser une approche graduelle, progressive pour la modélisation.

3.12 – Sommaire de l'atelier. Facilitateurs - Doug Bliss et Michael Chadwick, Ph.D.

Il faut se mettre à l'œuvre si l'on veut améliorer notre compréhension de base des mécanismes en jeu dans la rivière Petitcodiac et son estuaire; il faut planifier judicieusement notre plan d'action. On doit arrêter de spéculer, parce que l'on manque des données et connaissances fondamentales.

Points soulevés fréquemment au cours de l'atelier

- Manque de données de base

- Différence des effets générés par le régime hydrologique en hiver
- Envisager d'abord les approches simples.
- Examiner le réseau de la rivière tout entier, depuis les eaux d'amont jusqu'à la baie de Fundy.
- Une approche interdisciplinaire est primordiale.
- Obtenir la collaboration des gens de la collectivité pour les activités de surveillance.
- Il n'y a aucune limite en ce qui a trait aux approches de modélisation (c.-à-d. que les approches de modélisation peuvent varier énormément, allant du très simple au très complexe).
- Utiliser des modèles appropriés pour répondre aux questions posées.

3.13- Conclusions et prochaines étapes possibles

3.13.1 Conclusions

- Consacrer du temps et des efforts pour explorer les données existantes afin d'accroître notre compréhension.
- Les caractéristiques fondamentales doivent faire l'objet d'un suivi détaillé durant les quatre saisons. Exemples de caractéristiques : température, salinité, turbidité, distribution des sédiments, taille des grains, propriétés des boues – cisaillement, résistance, consolidation du lit, substances nutritives, bathymétrie, marées, niveaux de l'eau, distribution des glaces, inventaire biologique, …
- Établir un modèle théorique en premier lieu.
- Utiliser une approche fondée sur un modèle simple : unidimensionnel, emboîté, expérimental et physique.
- Évaluer et augmenter le niveau de complexité s'il y a lieu.

3.13.2 - Prochaines étapes possibles

Nota : *Les prochaines étapes possibles mentionnées ci-dessous :*

- *ne lient aucunement le processus d'étude d'impact sur l'environnement,*
- *n'ont pas toutes la même importance ni une valeur équivalente,*
- *n'ont pas été mises à l'essai en vue de déterminer leur validité,*
- *n'ont pas été soumises à une évaluation officielle.*

Pour amorcer les travaux sur la Petitcodiac, investir 10 % du budget pour l'analyse préliminaire et la collecte de données. Les éléments à envisager **à court terme** pourraient inclure les suivants :

- créer une équipe interdisciplinaire de scientifiques et d'ingénieurs;
- élaborer un modèle théorique de l'estuaire;
- faire des essais pour voir si les instruments [sondes pour mesurer la conductivité, la température et la profondeur (CTD), capteur à rétrodiffusion optique (CRO)] fonctionnent adéquatement dans les eaux boueuses de la Petitcodiac;
- amorcer les mesures sur le terrain : turbidité, température, salinité et profondeur à deux stations en aval de la chaussée;
- numériser les photos aériennes qui montrent le profil de la rivière;
- créer des bases de données pour regrouper les données et renseignements existants;
- créer un site Web sur la rivière Petitcodiac et son estuaire et mettre à jour l'information régulièrement pour tenir les gens informés;
- prévoir les mesures nécessaires avant que les ressources ne soient allouées pour continuer la collecte et l'interprétation de données additionnelles, et la modélisation.

À **long terme**, on pourrait viser à :

- obtenir de l'information sur les marées à l'embouchure de la rivière; les coûts d'installation d'une autre jauge tidale seraient d'environ 25 000 $, y compris le coût des autres instruments permettant de mesurer la salinité et la température;
- chercher des données fiables de levés bathymétriques relatifs à la Petitcodiac; faire un autre levé bathymétrique;
- créer un comité d'évaluation impartial qui déciderait de l'affectation de l'argent, fournirait des conseils et assurerait l'examen par les pairs; on pourrait s'inspirer de l'exemple de la Hudson River Foundation (www.hudsonriver.org);
- investir une certaine somme dans des groupes qui pourraient aider à la surveillance;
- communiquer avec les participants à l'atelier pour leur demander leur avis concernant les travaux de terrain et les tâches préliminaires.

ANNEXE A

RECOMMANDATIONS DU COMITÉ ORGANISATEUR DE L'ATELIER SUR LA MODÉLISATION DE LA RIVIÈRE PETITCODIAC ET DE SON ESTUAIRE

RECOMMANDATIONS DU COMITÉ ORGANISATEUR DE L'ATELIER SUR LA MODÉLISATION DE LA RIVIÈRE PETITCODIAC ET DE SON ESTUAIRE

[tel que soumis au promoteur du processus d'évaluation de l'impact sur l'environnement]

Moncton (Nouveau-Brunswick) Canada
Du 3 au 5 mars 2002

Un atelier visant à discuter de la faisabilité du point de vue technique et du rapport coût-efficacité de la modélisation des mécanismes hydrodynamiques et sédimentaires afin d'évaluer les caractéristiques futures de la rivière Petitcodiac et de son estuaire a eu lieu à l'hôtel Beauséjour de Moncton (Nouveau-Brunswick) du 3 au 5 mars 2002. L'atelier était organisé par Environnement Canada et Pêches et Océans Canada, avec la collaboration du ministère des Transports et du ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick; y participaient plus de 65 personnes, notamment des scientifiques spécialistes des estuaires du Canada, des États-Unis, de la Grande-Bretagne, de la Belgique et du Danemark, des scientifiques gouvernementaux et d'autres observateurs.

L'atelier comportait des présentations et des discussions entre des ingénieurs et des scientifiques invités à partager leur expertise sur les aspects physiques des rivières et estuaires, et à recommander la façon de mieux étudier et prévoir l'écoulement de l'eau, le comportement des sédiments et les autres mécanismes physiques selon divers scénarios. Les scientifiques et les ingénieurs ont exprimé diverses opinions concernant la modélisation et la collecte de données connexe. Les opinions et suggestions formulées au cours de l'atelier reflètent les divers horizons scientifiques et techniques, les différentes expériences avec la modélisation numérique et la collecte de données et les connaissances variées des participants concernant l'estuaire et la rivière Petitcodiac. La plupart des scientifiques en visite à Moncton étaient d'accord sur le fait que la combinaison de marées très hautes, de températures froides et d'une forte concentration de sédiments présente des difficultés uniques pour la modélisation, qui ne se retrouvent nulle part ailleurs dans le monde.

Durant l'atelier, les scientifiques et les ingénieurs ont exprimé diverses opinions concernant la modélisation et la collecte de données connexe. Les opinions et suggestions formulées au cours de l'atelier reflètent les divers horizons scientifiques et techniques, les différentes expériences avec la modélisation numérique et la collecte de données et les connaissances variées des participants concernant l'estuaire et la rivière Petitcodiac. Malgré les différences d'opinions formulées, les membres du comité organisateur considèrent que l'on peut tirer certaines conclusions générales et recommandations à partir des résultats de la rencontre.

Points de convergence entre tous les participants à l'atelier

- Nous avons des lacunes très importantes au chapitre des données de base, notamment sur les marées, les courants, la salinité, les propriétés des sédiments (granulométrie et force de cisaillement, en plus des autres caractéristiques chimiques et biophysiques), le régime de glaces et les mécanismes d'érosion.

- La combinaison de marées très fortes, de températures froides et de la forte concentration de sédiments présente des difficultés uniques dans la compréhension et la modélisation éventuelle des mécanismes physiques.

- Les conditions et mécanismes physiques se produisant pendant les mois d'hiver, principalement l'effet des glaces sur la morphologie du chenal, sont mal connus, mais il faut en tenir compte dans l'évaluation environnementale d'un projet proposé.

- Pour comprendre les effets à distance ainsi que les effets locaux, il peut être nécessaire de prendre en compte la totalité du système estuarien et fluvial et des mécanismes océanographiques prenant place dans la baie de Fundy et le golfe du Maine.

- Une équipe multidisciplinaire formée d'experts en ingénierie et de scientifiques serait nécessaire afin de mieux comprendre le système unique que forment la rivière et l'estuaire de la Petitcodiac.

- On devrait utiliser des approches simples pour acquérir une compréhension fondamentale du système estuarien avant d'envisager l'emploi d'analyses ou de méthodes plus complexes.

- Il faudrait enrichir la base de connaissances portant sur les systèmes estuariens à très grandes marées par la publication des données et des résultats d'études.

Conclusions du comité organisateur

Les membres du comité organisateur ont tiré les conclusions ci-dessous, auxquelles ils souscrivent à l'unanimité.

- La compréhension des changements physiques se produisant tout au long de l'année est essentielle si l'on veut évaluer les conditions environnementales qui existent présentement ou existeraient si des changements étaient apportés à la chaussée et/ou à ses vannes.

- Le lien entre les caractéristiques hydrodynamiques et les sédiments dans les zones de boues fluides est mal compris.

- La collecte de nouvelles données est essentielle si l'on veut combler les graves lacunes actuelles en informations disponibles sur les marées, les courants, les propriétés des sédiments, le régime de glaces et les caractéristiques de la colonne d'eau. Quels que soient le type et la portée des futurs efforts de modélisation, une collecte de données additionnelles serait nécessaire afin d'évaluer adéquatement les impacts éventuels sur l'environnement de tout changement proposé à la gestion de la chaussée de la Petitcodiac.

- Puisque les données existantes relatives aux mécanismes physiques peuvent servir à l'atteinte d'une meilleure compréhension des mécanismes estuariens, elles devraient être synthétisées et examinées de façon à améliorer le niveau de compréhension du régime estuarien de la Petitcodiac. On devrait ajouter les nouvelles données à la base de connaissances existante à mesure que l'on recueillera ces renseignements.

- Comme première étape, l'élaboration de modèles théoriques des différents mécanismes fournirait des indications utiles pour la planification et la tenue de la collecte des données ainsi que de la modélisation numérique.

- La modélisation numérique serait un outil efficace en vue de l'évaluation de l'impact sur l'environnement pour la rivière Petitcodiac et son estuaire, mais il faudrait recueillir des données supplémentaires et comprendre les interactions entre les caractères hydrodynamiques et les sédiments dans des milieux dont l'indice de turbidité est très élevé.

- Si elle était fondée sur des objectifs et des critères d'analyse valides d'un point de vue scientifique, l'ouverture expérimentale des vannes existantes dans le barrage-chaussée pourrait fournir des occasions d'acquérir des données additionnelles aux fins de la modélisation. Ces expériences ne devraient être menées que si des dispositions adéquates sont prises pour la collecte de données.

- Tout changement prévu ou apporté au pont-chaussée de la rivière Petitcodiac nécessitera une surveillance continue, ainsi qu'une modélisation et une évaluation appropriées.

Recommandations du comité organisateur

D'après les résultats de l'atelier sur la modélisation de la rivière Petitcodiac et de son estuaire, tel qu'interprétés par les membres du comité organisateur (qui possèdent collectivement une expérience considérable de la rivière Petitcodiac et de son estuaire), on a formulé les recommandations ci-dessous.

1. Un plan stratégique décrivant l'approche d'étude globale devrait être préparé et adopté, prévoyant notamment une approche graduelle et progressive de collecte de données et de modélisation. On devrait adopter une approche par étapes comportant des activités de collecte de données et de modélisation, de façon que

les données puissent être utilisées pour modifier et améliorer les efforts de modélisation subséquents.

2. L'expertise et les ressources disponibles devraient converger vers la synthèse des renseignements existants afin d'amorcer le processus d'élaboration de modèles théoriques pour l'estuaire (voir le tableau 1).

3. La collecte des données de référence sur les niveaux de l'eau et sur les coupes transversales du chenal de la rivière devrait se poursuivre.

4. La collecte des données préliminaires et la mise à l'essai des équipements et approches de collecte de données (voir le tableau 2) devraient être réalisées avant la finalisation du cadre de référence pour une évaluation détaillée des travaux de modélisation.

5. On devrait lancer un grand programme d'acquisition de données afin de mieux comprendre les caractéristiques de base des éléments suivants : marées, courants, sédiments et leurs propriétés, régime de glaces, et caractéristiques physiques, chimiques et biologiques standard de la colonne d'eau et de la couche benthique de l'estuaire et de la rivière durant chacune des saisons de l'année. Ce programme devrait être harmonisé avec le plan stratégique.

6. On devrait utiliser différents modèles à des niveaux de complexité appropriés selon les questions auxquelles il faut répondre. Les approches de modélisation devraient évoluer, partant de modèles simples à des modèles plus complexes, s'il y a lieu. Une approche progressive comportant la collecte et l'interprétation des données en vue de modifier et d'améliorer les efforts de modélisation subséquents devrait être envisagée.

7. Des conditions limites devraient être définies clairement, qui seraient vraisemblablement différentes pour les divers modèles élaborés afin de résoudre des problèmes particuliers.

8. Comme première étape, on devrait envisager une approche fondée sur le bilan massique (modèles théoriques), suivie d'un modèle hydrodynamique unidimensionnel. Il faudrait mettre en place ce modèle avant de faire toute autre modélisation plus détaillée de l'aspect hydrodynamique, des sédiments ou de la qualité de l'eau.

9. Un modèle hydrodynamique unidimensionnel s'étendant du côté océanique entre Salisbury et le cap Hopewell devrait être envisagé avant toute autre modélisation plus détaillée de l'aspect hydrodynamique, des sédiments ou de la qualité de l'eau.

10. Le promoteur du processus d'évaluation de l'impact sur l'environnement devrait examiner différentes approches de modélisation ainsi que les suggestions

présentées au tableau 3, sachant qu'une nouvelle collecte de données est essentielle pour la modélisation, et que cette modélisation est un outil important pour l'interprétation des données en vue des scénarios futurs.

11. On devrait établir un dépôt central pour le partage des données et de l'information. Ce dépôt constituerait un outil important pour le processus d'évaluation environnementale et pour répondre aux demandes de renseignements à caractère scientifique sur une base continue relativement à la rivière Petitcodiac et à son estuaire.

Le présent rapport est déposé au nom des membres du comité organisateur de l'atelier sur la modélisation de la Petitcodiac.

Tableau 1 : Possibilités d'analyse plus poussée des données existantes

Analyses	Commentaires	Coûts et priorité
	Photographie aérienne et télédétection	
Numériser les photographies aériennes afin de produire des profils de rivage numériques aux fins de comparaison.	Cela comprend le levé de 1945 de la Petitcodiac à partir du bassin d'amont jusqu'à la baie de Shepody et le levé de 1965 de la baie de Shepody.	10 000 $ à 30 000 $; 2 mois Faible coût / priorité moyenne
	Coupes transversales de la rivière	
Convertir les levés antérieurs de Gunningsville en coordonnées x y z, et faire des estimations des sections d'écoulement et des volumes de sédiments.	Renseignements nécessaires pour l'évaluation et la modélisation futures	Coût moyen / priorité moyenne
	Registres de l'exploitation des vannes	
Analyser les registres de l'exploitation des vannes et des niveaux d'eau.	On devrait transférer les données des registres de l'exploitation des vannes sur des tableurs électroniques pour en faciliter l'analyse. Cette mesure serait vraisemblablement très utile aux fins de la modélisation.	Coût global de l'ordre de 4 000 $ à 6 000 $ Faible coût / priorité élevée
	Registres des niveaux d'eau	
Niveaux d'eau	Analyser les données sur les niveaux d'eau en aval du barrage-chaussée afin de dégager les caractéristiques des marées. Analyser les données sur les niveaux d'eau en amont de la chaussée.	Faible coût / priorité moyenne

Tableau 2 : Besoins immédiats en collecte de données

Proposition	Commentaires	Priorité et coûts
	Marées et courants	
Une station de jaugeage des marées aux rochers Hopewell	Nécessaire pour la modélisation future.	Coût d'environ 25 000 $ Coût moyen / priorité élevée
Vitesse du courant mesurée à partir du pont Gunningsville		Coût moyen / priorité moyenne
	Caractéristiques océanographiques de base de la colonne d'eau	
Physiques -- turbidité, température, salinité, solides en suspension, etc	Nécessaires pour la modélisation. Il faut d'abord tester l'équipement dans les eaux à forte turbidité, à courant rapide et à hautes marées de la Petitcodiac.	Coût d'environ 15 000 $ Faible coût / priorité élevée
Propriétés biochimiques – algues, zooplancton, éléments nutritifs, bactéries, etc.		Coût inconnu / priorité moyenne
	Sédiments et propriétés des sédiments	
Analyses sur le terrain et en laboratoire des caractéristiques des sédiments	Nécessaires pour la modélisation. Profil, interface et essais requis. Caractéristiques de base des sédiments – taux de floculation, viscosité, taille des grains, force de cisaillement, etc. Nécessaires avant l'engagement d'un modélisateur	Coût inconnu Pourrait être de l'ordre de 30 000 $.
Coupes transversales		
Levé par coupes transversales	Il faut faire un levé afin de comprendre et de mesurer le volume de sédiments évacués en période de crues. Ce levé devrait être effectué à marée haute (dernière semaine d'avril en 2002). Envisager l'utilisation du système LIDAR.	Coût inconnu.
	Niveaux d'eau	
Niveaux d'eau	Envisager l'emploi de la télémétrie cellulaire et de satellites pour les stations existantes afin de réduire les risques de perte de données. Envisager l'installation future d'une nouvelle échelle de niveau d'eau aux vannes pour aider à améliorer la consignation des données sur l'exploitation des vannes.	Coût moyen, grande utilité et priorité élevée

Tableau 3 : Modélisation suggérée pour évaluer les changements résultant de modifications à l'exploitation des vannes ou de l'ouverture du barrage-chaussée de la Petitcodiac

Proposition	Type de modèle	Commentaires
	Modélisation initiale suggérée	
Données de base	Modèle théorique	« Modèles emboîtés » nécessaires avant de faire la modélisation numérique ou physique; fondamentalement, la première étape de tout effort de modélisation
Océanographie de la baie de Fundy		Pour évaluer les mouvements généraux des marées et des courants.
Hydrodynamique	Modèle unidimensionnel menant à un modèle bidimensionnel horizontal	Faire l'étalonnage en fonction de la rugosité. Utiliser une grille à maille fine dans le secteur d'intérêt.
	Modélisation subséquente possible	
Qualité de l'eau	Modèle unidimensionnel	Pourrait être complémentaire de la modélisation hydrodynamique.
Départ des glaces et embâcles	Modèle unidimensionnel	Envisager l'étude de tronçons de la rivière délimités en fonction des marées et en fonction de facteurs autres que les marées.
Mascaret	Au moins un modèle bidimensionnel horizontal	Il faudrait plus de données de terrain; phénomène difficile à modéliser.
Érosion, dépôt et transport des sédiments; érosion des berges	Modèle bidimensionnel vertical pouvant déboucher sur un modèle tridimensionnel	
Mécanismes survenant en hiver et altérant les berges	Il peut être nécessaire de suivre des approches empiriques et de faire les interprétations d'après les résultats des modèles hydrodynamiques.	Élément important, qui ne peut être mis de côté. Difficile à modéliser; requiert des observations et des mesures sur le terrain pendant deux hivers et durant des périodes où l'écoulement et les marées varient. Possibilités de recherche
Géomorphologie à long terme	Équilibre théorique, p. ex., Bray, DeMerchant et Sullivan, 1982 Modèles longitudinal unidimensionnel	On pourrait dégager les tendances générales pour différents scénarios.
Conditions d'écoulement dans les vannes	Modèles physiques (type canal sur appuis) Modèle unidimensionnel	Relativement facile à faire, mais il tient compte de bon nombre des enjeux soulevés concernant les changements apportés à la rivière. Potentiellement utile dans l'apport d'idées pour des modèles numériques.

ANNEXE B

PROGRAMME DE L'ATELIER

Atelier sur la modélisation de la rivière Petitcodiac et de son estuaire

Date : du 3 au 5 mars 2002

Lieu : Hôtel Delta Beauséjour, Moncton (Nouveau-Brunswick) Canada

Organisé par :

Environnement Canada
Ministère des Pêches et des Océans

avec la collaboration du

ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick
et du ministère des Transports du Nouveau-Brunswick

Le samedi 2 mars 2002

Arrivée des participants du Canada et de l'étranger

Le dimanche 3 mars 2002

10 h à 12 h - Ouverture du comptoir d'inscription
12 h à 13 h – Temps libre – repas du midi (à votre choix)
13 h à 17 h – Visite de la rivière Petitcodiac et de son estuaire

Le lundi 4 mars 2002

8 h 30 à 9 h	Ouverture du comptoir d'inscription
9 h à 9 h 15	Mot de bienvenue et survol des résultats prévus pour l'atelier - **George Finney, Ph.D.**
9 h 15 à 9 h 45	Milieu physique de la Petitcodiac - **Denis Haché**
9 h 45 à 10 h	Survol du rapport de 1999 sur la faisabilité de la modélisation - **David Willis**
10 h à 10 h 15	Pause-santé
Séance sur l'hydrodynamique	
10 h 15 à 10 h 30	N° 1 – Modélisation hydrodynamique de conditions d'écoulement complexes - **David Willis** pour **Norm Crookshank**
10 h 30 à 10 h 45	N° 2 – Mécanismes de dispersion verticale du sel et des sédiments dans l'écoulement de l'estuaire – **Noboru Yonemitsu, Ph.D.**
10 h 45 à 11 h	N° 3 – Modélisation à haute résolution des éléments finis dans les secteurs d'assèchement intertidaux - **Dave Greenberg, Ph.D.**
11 h à 11 h 15	N° 4 – Dispersion de l'effluent dans les milieux estuariens - **Jochen Schroer**
11 h 15 à 11 h 30	N° 5 – Survol des approches éventuelles pour la modélisation de la Petitcodiac - **Andrew Driscoll**
11 h 30 à 12 h	**Table ronde et questions de l'assistance** Président du panel/questionneur : **David Willis** Assistant/rapporteur : **Doug Bliss**
12 h à 13 h	Repas du midi
Séance sur les sédiments	
13 h à 13 h 15	N° 1 – Transport des sédiments cohésifs dans les estuaires - **Krish Krishnappan, Ph.D.**
13 h 15 à 13 h 30	N° 2 – Comportement des sédiments en milieu à forte turbidité - **Tim Milligan**
13 h 30 à 13 h 45	N° 3 – Propriétés des sédiments fins en suspension près du fond, en fonction du temps et de la densité : **Richard Faas, Ph.D.**
13 h 45 à 14 h	N° 4 – Estimations du bilan sédimentaire dans la baie de Chignecto – **Carl Amos, Ph.D.**
14 h à 14 h 30	**Table ronde et questions de l'assistance** Président du panel/questionneur : **Graham Daborn, Ph.D.** Assistant/rapporteur : **Lindon Miller**
14 h 30 à 15 h 15	**Première réunion en petits groupes** 1A. Comment peut-on résoudre le problème du manque de connaissances sur les sédiments cohésifs dans les efforts de modélisation? **(Tim Milligan)** 1B. Quels sont les paramètres importants en rapport avec la modélisation? **(David Willis)** 1C. Quels seront les défis à relever dans la modélisation de l'estuaire de la Petitcodiac? **(Spyros Beltaos, Ph.D.)**
15 h 15 à 15 h 45	Pause-santé

Modèles utilisés en Europe / Séance sur les études de cas Président : **Gary Bugden** Rapporteur : **Ole Mikkelsen**	
15 h 45 à 16 h 15	N° 1 – Modèles européens du transport des sédiments cohésifs - **Erik Toorman, Ph.D.**
16 h 15 à 16 h 45	N° 2 – Méthodes et projets de modélisation d'estuaires - **Ole Petersen, Ph.D.**
Activités de soirée	
16 h 45 à 18 h 30	Temps libre
18 h 30 à 21 h 00	Rencontre avec les scientifiques, les modélisateurs et les promoteurs – Souper au Fisherman Paradise (Dieppe) avec un conférencier invité (**Graham Daborn, Ph.D.**) - ... « Là où les anges n'osent s'aventurer »

Le mardi 5 mars 2002

Séance spéciale sur les mécanismes des courants de marée	
8 h 30 à 8 h 45	N° 1 – Assymétrie des marées, mécanismes de mélange et piégeage des particules dans les estuaires stratifiés – **Bob Chant, Ph.D.**
8 h 45 à 9 h	N° 2 – Prévisions opérationnelles des ondes de tempête et des inondations - **Hal Ritchie, Ph.D.**
9 h à 9 h 15	N° 3 – Mécanismes survenant en hiver – **Brian Morse, Ph.D.**
Séance sur la collecte de données	
9 h 15 à 9 h 30	N° 1 – Marées et niveaux d'eau dans le fond de la baie de Fundy - **Charlie O'Reilly**
9 h 30 à 9 h 45	N° 2 – Levés hydrographiques du chenal - **Jean-Claude Vautour**
9 h 45 à 10 h 15	Pause-santé
10 h 15 à 10 h 30	N° 3 – Cartographie par télédétection à forte résolution des milieux estuariens - **Tim Webster**
10 h 30 à 10 h 45	N° 4 – Problèmes liés à l'acquisition de données représentatives des courants dans les rivières ou estuaires boueux – **Gary Bugden**
10 h 45 à 11 h 30	**Table ronde et questions de l'assistance** (2 séances – Marées et données) Président du panel/questionneur : **David Willis** Assistant/rapporteur : **Ron Hudson**
11 h 30 à 12 h 30	**Deuxième réunion en petits groupes** 2A. Quel est le moyen le plus efficace et économique de recueillir des données aux fins de la modélisation? **(Carl Amos, Ph.D.)** 2B. Comment les expériences sur l'exploitation des vannes peuvent-elles représenter une méthode viable pour recueillir des données? **(Denis Haché)** 2C. Comment la collecte de données peut-elle être optimisée aux fins de la modélisation? **(Tim Milligan)**
12 h 30 à 13 h 30	Repas du midi

Séance sur les études de cas – Autres expériences en modélisation Président : **Gary Bugden** Rapporteur : **Ole Mikkelsen**	
13 h 30 à 14 h	N° 1 – Expériences récentes en modélisation du transport des sédiments cohésifs – **Doug Scott, Ph.D.**
14 h à 14 h 30	N° 2 – Expérience récente en modélisation de l'écoulement des rivières et de l'érosion – applicabilité à la rivière Petitcodiac **Michael Davies, Ph.D.**
14 h 30 à 15 h 30 Café et goûter dans les salles	**Troisième réunion en petits groupes** - (4 questions --- 3 groupes) 3A. Quelles approches de modélisation seraient appropriées pour la Petitcodiac? Est-ce que l'on devrait envisager l'usage de modèles nichés? **(David Willis)** 3B. Quelles approches de modélisation seraient appropriées pour la Petitcodiac? Quel degré de précision serait raisonnable pour la modélisation d'un estuaire comme celui de la Petitcodiac? **(Michael Chadwick, Ph.D.)** 3C. Quelles approches de modélisation seraient appropriées pour la Petitcodiac? Combien de temps devrait être alloué pour la collecte de données et la modélisation? **(Doug Bliss)**
15 h 30 à 16 h 45	Présentation des neuf rapports sur les réunions en petits groupes et les discussions ouvertes. Sommaire et synthèse des rapports sur les réunions en petits groupes - **Doug Bliss** Mot de la fin - **Michael Chadwick, Ph.D.**

ANNEXE C

RÉSUMÉS DES PRÉSENTATIONS

[placés par ordre de présentation à l'atelier]

Historique et milieu physique de la rivière Petitcodiac

Denis Haché

Présentation et informations générales – Présentation n° 1

***Nota** : Les mesures d'élévation sont en mètres, d'après le système de référence géodésique de Levés géodésiques du Canada.*

Au cours des années 1960, il y a eu trois sites évalués pour la détermination de l'emplacement de la chaussée.

1. En face de la Place Champlain, à quelques centaines de mètres en aval du ruisseau Halls, à cinq kilomètres en aval de la chaussée existante.
2. À environ 1,5 km en amont du pont Gunningsville (à quelque 500 m en aval de la chaussée actuelle).
3. À environ 400 m en amont de la chaussée existante.

Le site n° 1 n'a pas été choisi parce qu'il fallait fournir un chenal de navigation à partir de l'océan jusqu'au quai existant au centre-ville. On a supposé qu'il n'y aurait pas de dépôt important de boue aux sites 2 ou 3, donc qu'il n'y aurait pas d'impact important sur la navigation. L'emplacement de la chaussée a été fixé entre les sites 2 et 3.

La construction de la chaussée a commencé en février 1966, les paramètres de conception étant les suivants :

- cinq vannes à glissière de 9,1 m de largeur et de 6,3 m de hauteur
- hauteur du plancher des vannes à –1,5 m, et du plafond à + 4,8 m
- niveau normal d'opération du bassin d'amont à +3,5 m de hauteur
- petite amplitude de marée haute de 4,5 m, amplitude moyenne de 6,2 m et une grande amplitude de 7,6 m.

L'accumulation de limon a commencé immédiatement après la construction de la chaussée et l'ampleur de l'envasement a toujours été à la limite de la construction. À l'automne de 1967, l'accumulation de boues en amont et en aval de la chaussée était de l'ordre de 6 m d'épaisseur. Le dessus de la boue était à environ 1,5 m à 2 m au-dessus du niveau de fonctionnement normal du bassin d'amont prévu dans les plans.

De février 1968 à mai 1968, les cinq vannes de la chaussée ont été laissées ouvertes en permanence afin d'évacuer une partie de la boue.

Au site n° 1 envisagé pour la construction de la chaussée, environ 5 km en aval de la chaussée, la rivière avait rétréci, passant de 680 m en 1961 à 285 m en 1968, puis à 90 m en 2001. Pendant ce temps, le fond du chenal (thalweg) a monté, passant de –3,6 m (1961) à +3 m de hauteur en novembre 2001.

Les vannes de la chaussée ont été conçues de telle sorte qu'il y ait de l'eau qui s'écoule dans les deux sens, et le volume de ces fuites était supérieur à l'écoulement mensuel moyen de la rivière pour la plupart des mois de l'année. Le propriétaire a décidé de garder la hauteur du bassin d'amont entre +6,1 m (à la suite des crues printanières) et +2 m de hauteur (après une période prolongée d'étiage), ce qui a entraîné l'intrusion d'une quantité importante d'eau salée et le dépôt de boue juste en amont de la chaussée.

Les vannes de la chaussée et la passe migratoire ont été modifiées en 1981 afin de permettre un niveau de fonctionnement normal de 6 m. Le bassin d'amont a été vidé à plusieurs reprises pendant de longues périodes en vue d'installer des infrastructures dans le bassin d'amont ou d'aider à la migration des poissons. Le bassin d'amont a été exploité à un niveau beaucoup plus bas que le niveau de fonctionnement normal selon les saisons et à différentes occasions afin d'éviter l'érosion de ses rives.

En 1988, on a laissé entrer de l'eau salée dans le bassin d'amont en gardant entre une et cinq vannes ouvertes de façon continue pendant six semaines au printemps, et une vanne constamment ouverte pendant 6 semaines à l'automne. En avril 1988, on a ouvert cinq vannes durant les crues printanières et les marées de vive eau, entraînant une élévation maximale du niveau d'eau du bassin d'amont d'environ 5,3 m (hauteur inférieure au niveau de fonctionnement normal).

L'analyse des levés par coupes transversales de l'estuaire effectués à l'automne de 1991 et au printemps de 1992 montre l'accumulation d'environ 120×10^6 m^3 de boues en aval depuis la construction. Le volume d'eau dans le bassin d'amont en dessous de 6,1 m de hauteur a été réduit d'environ 12×10^6 m^3 (passant de 23×10^6 m^3 à 11×10^6 m^3).

Les activités de surveillance menées depuis 1998 montrent que l'accumulation de boue dans les deux premiers kilomètres en aval de la chaussée varie de –4 m après les crues printanières à +5 m à la suite d'une longue période d'étiage, généralement à la fin de l'été.

Les résultats des levés de novembre 2001 indiquent une accumulation importante de boue, soit environ 16×10^6 m^3, depuis 1991. La plupart des dépôts de sédiments se sont faits en aval du ruisseau Halls. L'augmentation la plus importante s'est produite dans les derniers 10 km de l'estuaire de la Petitcodiac situés à quelque 30 km en aval de la chaussée (une augmentation d'environ 25 % des sédiments de fond de la rivière depuis 1991).

Les conditions hivernales (accumulations de glaces au bord de l'eau) ont entraîné un rétrécissement de la rivière en hiver dans les trois premiers kilomètres en aval de la chaussée, dont la largeur est passée de 120 m à 20 m de largeur.

Survol du rapport de mars 1999 sur la faisabilité de la modélisation

David Willis

Présentation et informations générales – Présentation n° 2

Un modèle hydronumérique de la rivière Pétitcodiac et de son estuaire permettrait d'étudier les résultats physiques de la réouverture de la chaussée construite à Moncton (Nouveau-Brunswick) en 1968. Ce modèle est à la fine pointe de la capacité de modélisation des sédiments cohésifs de 1999 parce que :

1. la longueur (55 km) et la faible largeur (50 m) du chenal actuel des basses eaux nécessitent l'emploi d'un quadrillage à maille fine et d'un grand nombre de points de grille;
2. les concentrations de sédiments en suspension, de l'ordre de 10 000 mg/L, entraînent un taux de sédimentation rapide;
3. de nos jours, le mascaret des marées montantes atteint des vitesses de 3 à 6 m/s;
4. les mécanismes qui régissent l'érosion dans l'estuaire semblent tenir à l'érosion des berges du côté abrupt des berges du chenal des basses eaux.

Les stratégies relatives à la chaussée qu'il faudra modéliser comprennent, mais sans s'y restreindre, les suivantes :

1. l'exploitation actuelle des vannes de la chaussée – l'option du « statu quo »;
2. l'optimisation de l'exploitation des vannes;
3. l'enlèvement des vannes – ouverture complète;
4. chaussée avec passage et pont – optimiser le passage;
5. aucune chaussée – retourner aux conditions d'avant 1968.

Un questionnaire a été envoyé à 18 spécialistes de la modélisation numérique, plus particulièrement à des Canadiens qui seraient disposés à participer à la modélisation de la rivière Petitcodiac et de son estuaire, leur demandant d'évaluer l'état d'avancement actuel de la modélisation numérique, en particulier en ce qui a trait à la Petitcodiac. À partir des cinq questionnaires retournés et des commentaires d'autres intervenants, on a déterminé que la modélisation était une tâche réalisable. Par conséquent, des spécifications et des paramètres ont été présentés pour l'étude de modèles et les exigences connexes relatives aux données de terrain.

Conclusions

1. La modélisation numérique des aspects hydrodynamiques, de l'érosion et du dépôt de sédiments ainsi que des glaces flottantes dans la rivière Petitcodiac et son estuaire est à la fine pointe de la technologie de 1999.

2. La modélisation coûtera moins de 350 000 $ et prendra moins de 20 mois à réaliser.
3. Le travail de terrain requis par ce modèle coûtera environ 600 000 $ et devrait être entrepris entre mars et octobre afin de consigner les données relatives aux crues printanières, aux glaces et à l'évacuation des sédiments, aux eaux libres, aux grandes marées et aux tempêtes d'automne.
4. Le coût global du projet serait inférieur à 1 000 000 $, la durée étant de moins de deux ans.

Recommandations

1. Les organismes gouvernementaux au Canada et à l'étranger sont probablement les meilleures sources de renseignements sur la modélisation, compte tenu du type de modèle à mettre au point, et du fait que les organismes gouvernementaux sont disposés à absorber une partie des coûts de développement.
2. De même, au Canada, seuls les universités et les organismes gouvernementaux ont présentement de l'expérience dans les tests de laboratoire et sur le terrain nécessaires pour utiliser ces modèles. Le travail de terrain devrait être confié à un consortium comprenant : l'Acadia Estuarine Research Centre, la Commission géologique du Canada – région de l'Atlantique, et l'Institut national de recherche sur les eaux.
3. Dès que la boue de la Petitcodiac a dégelé en 1999, l'Acadia Estuarine Research Centre devrait effectuer une épreuve de sensibilité des boues fluides sur la boue et l'eau, quelle que soit l'étape où le projet est rendu.

Modélisation hydrodynamique de conditions d'écoulement complexes

David Willis, pour Norm Crookshank

Séance sur l'hydrodynamique – Présentation n° 1

(Aucun résumé disponible)

Mécanismes de dispersion verticale des sels et des sédiments dans le flux estuarien -

Noboru Yonemitsu, Ph.D.

Séance sur l'hydrodynamique – Présentation n° 2

Pour assurer la gestion de la qualité de l'eau, il nous faut absolument des modèles numériques fiables, capables de prédire les conséquences de tout changement dans les réseaux estuariens. En effet, les modèles capables de prévoir le transport des composantes en solution et des matières particulaires sont le fondement de l'évaluation de la qualité de l'eau.

La fiabilité des prévisions découlant des modèles dépend de l'exactitude avec laquelle les mécanismes physiques qui doivent être simulés sont illustrés. Malheureusement, les flux estuariens sont instables, ont des mouvements turbulents non uniformes et les différences de densité jouent généralement un rôle important. Ces facteurs contribuent grandement au transport des forces d'impulsion, de la chaleur et de la masse et influent tant sur les profils de vitesse que sur la répartition des matières dissoutes et en suspension. Ces mécanismes turbulents sont très variables dans l'espace et le temps, et ils sont propres à chaque site. Compte tenu de ces facteurs, il est pratiquement impossible de calculer avec précision les mécanismes de transport turbulent. C'est pourquoi il est primordial de continuer à investiguer et à reconnaître les mécanismes physiques dominants tels que les ondes internes et la stabilité hydrodynamique. La recherche de ce type nous permettra non seulement de mieux comprendre les mécanismes du transport turbulent, mais aussi en bout de ligne d'acrroître l'exactitude de nos prévisions. Ainsi, nous pourrons vérifier les théories actuelles au moyen d'expériences et de mesures sur le terrain.

Dans la présentation de l'un de ces mécanismes physiques, on utilise comme exemple la stabilité hydrodynamique. Une question importante est la façon dont les ondes internes (comme l'instabilité de Kelvin-Helmholtz et les ondes de Holmboe) influent sur la production d'énergie turbulente, et la façon dont cette énergie turbulente modifie la dispersion verticale ou le transport de tout constituant. Récemment, on a accordé beaucoup d'attention à ce phénomène dans les estuaires, où les mesures peuvent être prises à l'aide de dispositifs acoustiques.

On peut conclure que le transport des sédiments fins dans la rivière Petitcodiac et son estuaire peut être un processus très complexe et dépend d'un grand nombre de facteurs. Il faut étudier les mécanismes physiques en jeu avant de pouvoir faire des prévisions fiables sur le transport des sédiments. Malheureusement, la quantification de ces mécanismes dans la rivière Petitcodiac et son estuaire n'a pas encore été faite. On recommande donc fortement qu'un programme de surveillance de base soit amorcé avant de mener toute étude de modélisation.

Modélisation haute résolution des éléments finis dans les zones d'assèchement intertidales

Dave Greenberg, Ph.D.

Séance sur l'hydrodynamique – Présentation n° 3

Les études numériques centrées sur la baie de Fundy sont réalisées à l'aide d'un modèle tridimensionnel informatisé de circulation des éléments finis spécialement conçu à cette fin. Ce modèle divise le domaine géographique en triangles. La caractéristique de résolution variable du modèle des éléments finis le rend apte à couvrir un large domaine d'influence avec le niveau de détail requis dans les zones d'intérêt pour pouvoir résoudre les caractéristiques locales. Ce modèle peut également simuler les secteurs de mouillage et d'assèchement des zones intertidales. Bien que le code du modèle générique puisse tenir compte du forçage aux limites, de la densité interne de l'eau et des vents de surface en tant que forces motrices des courants, les applications présentes mettent l'accent sur les marées, utilisant le forçage aux limites par le composant lunaire diurne principal, M2, qui dans ce secteur fournit une bonne représentation de la marée moyenne.

Les travaux effectués dans la région de Quoddy au Nouveau-Brunswick étaient axés sur les propriétés des marées, la circulation résiduelle et le suivi des particules. Les dernières études ont porté notamment sur le mélange, la dispersion et les différences de trajectoires des particules en fonction de la profondeur dans la colonne d'eau. Des travaux entrepris récemment mettent l'accent sur le diagnostic dans des domaines précis de recherche comme le courant minimum permanent pour assurer un approvisionnement en oxygène continu ainsi que les mécanismes benthiques. On espère que le financement futur permettra l'élargissement du modèle de façon à pouvoir examiner plus de composantes liées aux marées, le forçage météorologique de même que l'influence de l'eau douce et de la salinité. D'autres études portant sur la totalité de la baie de Fundy ont traité de la nature changeante des constantes de marée avec l'élévation du niveau de la mer et l'inondation des baissières sous l'action couplée des marées et des ondes de tempête.

Dispersion de l'effluent dans les environnements à marée

Jochen Schroer

Séance sur l'hydrodynamique – Présentation n° 4

L'ouverture du barrage-chaussée de la Petitcodiac et les modifications au régime estuarien de la rivière provoqueront vraisemblablement des changements à la qualité de l'eau dans l'estuaire. Ces changements peuvent nécessiter une modélisation prédictive similaire à la modélisation des changements de l'hydraulique et du transport des sédiments. La qualité de l'eau est altérée par le rejet d'eaux usées de la station d'épuration. La Commission d'épuration des eaux usées de Moncton exploite une station de traitement primaire des eaux usées à Point Park, Moncton. L'effluent de

100 000 habitations est acheminé dans la station et l'effluent traité est rejeté dans la Petitcodiac près de la pointe Outhouse.

Le mélange de l'effluent avec les eaux de l'estuaire est conceptualisé par des théories de mélange en zone proche et en zone lointaine. Dans la zone proche, l'énergie résultant du flux de quantité de mouvement et du flux de portance hydraulique est dissipée; ainsi, l'eau propre ambiante est entraînée dans le panache et il y a dilution. Dans la zone lointaine, le panache de l'effluent est transporté avec le courant ambiant et le mélange se produit par dispersion et diffusion. En général, le panache d'eaux usées monte jusqu'à ce que la flottabilité du panache soit neutre, puis il s'étend uniformément dans toute la colonne d'eau. Les solides en suspension se déposent à une certaine distance de l'émissaire.

Pour améliorer le mélange en zone proche et en zone lointaine, on pourrait installer des diffuseurs. Les diffuseurs divisent le cours de l'effluent, qui s'écoule en plusieurs fractions, chacune étant évacuée par la buse d'un tuyau unique. Pour compiler la dilution de l'effluent dans la zone proche et dans la zone lointaine, il y a plusieurs modèles de mélange disponibles. Dans l'exemple montré, le modèle de mélange de l'Université Cornell a été utilisé pour les prévisions relatives au panache en zone proche. Les modèles RMA 2 et RMA 4 ont servi à numériser la dispersion et la dilution en zone lointaine. Pour optimiser la conception du diffuseur, un modèle unidimensionnel de tuyauterie a été appliqué.

L'exemple de l'estuaire de la rivière Miramichi illustre le processus utilisé pour établir la configuration optimale de l'émissaire à la nouvelle station d'épuration des eaux usées de Chatham. Afin de se conformer aux directives en matière de qualité de l'eau pour la protection d'une plage servant à la baignade à l'île Middle, on a fait l'essai de trois emplacements pour l'émissaire et de plusieurs configurations de la canalisation. Le concept qui en a résulté comprend l'installation d'un diffuseur à une profondeur de 10 mètres près de l'ancienne station d'épuration des eaux usées. Ce diffuseur a été optimisé afin d'assurer des vitesses de rejet élevées et des quantités relativement faibles d'effluent près du rivage.

Les principes qui régissent la dilution de l'effluent s'appliquent à l'estuaire de la Miramichi comme à celui de la Petitcodiac, bien que les deux estuaires soient très différents sur le plan du régime de marée et des rejets d'eaux usées. La diapositive 18 résume les principales caractéristiques des deux stations d'épuration et des deux estuaires.

Survol des approches de modélisation possibles pour la rivière Petitcodiac et son estuaire

Andrew Driscoll

Séance sur l'hydrodynamique – Présentation n° 5

Le but de cette présentation est de discuter en termes généraux des types de modèles numériques qui peuvent s'appliquer à l'étude des questions environnementales complexes liées à la rivière Petitcodiac et à son estuaire. Pour illustrer notre propos, nous avons établi plusieurs modèles non étalonnés pour le secteur de la baie de Fundy / Petitcodiac.

Dimensions des modèles

Dans un système modélisé, la complexité et les exigences du point de vue informatique augmentent avec le nombre de dimensions résolues. Le modèle de base est le modèle unidimensionnel (réseau de coupes transversales). Bien qu'offrant une description simpliste des caractéristiques géométriques et physiques du milieu, les modèles unidimensionnels sont efficaces du point de vue informatique, et donc capables de simulations à long terme.

À l'autre extrémité du spectre se trouvent les modèles tridimensionnels, qui fournissent une description détaillée des flux et des processus, mais qui ont souvent une couverture spatiale et temporelle limitée à cause de la capacité informatique importante qu'ils nécessitent.

Types de grilles de modèles

On peut trouver de nombreuses descriptions de grilles horizontales. La grille rectiligne « classique » peut être établie avec un minimum d'effort, mais elle n'offre aucune flexibilité d'adaptation de la résolution de la grille lorsque nécessaire. Il est possible de contourner cette difficulté en grande partie en nichant de façon dynamique des grilles multiples.

Les grilles curvilignes offrent une plus grande capacité de résolution focale et se prêtent bien à la modélisation de chenaux sinueux et de méandres. Elles fournissent aussi une meilleure description de l'écoulement à proximité des berges.

Une grille non structurée d'éléments finis assure la plus grande flexibilité d'adaptation de la résolution.

Intégration des mécanismes pertinents

Plusieurs questions autres que les dimensions et le type de grille du modèle revêtent un intérêt particulier dans l'étude de la Petitcodiac. Parmi celles-ci se trouve l'intégration de mécanismes tels que le mouillage et l'assèchement, l'écoulement supercritique et les structures hydrauliques.

On peut gérer les mécanismes de mouillage et d'assèchement soit par l'altération des caractéristiques des cellules asséchées (porosité du marais, technique des couloir), soit par l'ajout ou l'enlèvement de cellules dans le domaine modèle à mesure que le niveau de l'eau change (enlèvement de points).

On peut gérer l'écoulement supercritique en supprimant les facteurs de convection afin d'éviter l'instabilité du modèle lorsque le nombre de Froude est élevé.

De façon générale, les structures ne peuvent être modélisées directement et sont paramétrisées comme source-puits ponctuel des deux côtés de la structure, lorsque l'écoulement est déterminé par une relation empirique ou semi-empirique.

Sommaire

Le cadre de référence du projet tel que distribué aux fins de la discussion à l'atelier est ambitieux et d'une grande portée. Il faudra une application hybride combinant de multiples outils (unidimensionnels, bidimensionnels et tridimensionnels) si l'on veut résoudre toutes ces questions.

Transport des sédiments cohésifs dans les estuaires

Krish Krishnappan, Ph.D.

Séance sur les sédiments – Présentation n° 1

Cette présentation fournit un survol des approches de modélisation pour le transport des sédiments cohésifs dans les estuaires. Elle englobe les deux approches de modélisation qui sont présentement exposées dans la documentation disponible. La première approche considère la région d'écoulement en couches distinctes telles que la couche de particules en suspension, la couche de boue fluide, la couche du lit partiellement consolidé et la couche du lit complètement consolidé; de plus, elle résout les différentes équations régissant chaque couche. Les flux de sédiments qui transportent les sédiments d'une couche à l'autre doivent être précisés dans ces modèles au moyen de relations empiriques qui sont établies pour les sédiments particuliers aux sites. La deuxième approche, encore au stade de la recherche, considère la région d'écoulement comme étant une couche unique et résout une équation d'écoulement à deux phases en vue de définir le profil des concentrations dans l'estuaire de la surface libre jusqu'au lit stationnaire. Cette approche

de modélisation requiert des données sur les propriétés des flocs, notamment la taille des flocs, la densité, la vitesse de sédimentation, les taux d'agrégation et de désagrégation et les contraintes effectives. On doit recueillir les renseignements ci-dessus aussi à l'aide de mesures directes des sédiments particuliers aux sites.

On décrit également les installations expérimentales de l'Institut national de recherche sur les eaux à Burlington (Ontario), qui peuvent mesurer les flux de sédiments entre les diverses couches et les propriétés des flocs dans les sédiments cohésifs, notamment le canal circulaire rotatif, l'appareil de mesure in situ de la granulométrie des particules et le canal in situ pour l'étude de l'érosion. Le canal circulaire rotatif permet de mesurer les taux d'érosion et de dépôt des sédiments pour chaque site, le taux de consolidation des dépôts de sédiments fins, la taille des flocs, la densité et la vitesse de dépôt des sédiments en flocs. L'appareil de mesure in situ de la granulométrie des particules est utile pour mesurer la distribution des tailles de sédiments en suspension et le canal in situ pour l'étude de l'érosion convient à la mesure de la tension de cisaillement critique pour l'érosion, et des taux d'érosion des sédiments à partir du lit.

Comportement des sédiments dans des milieux à forte turbidité

Tim Milligan

Séance sur les sédiments – Présentation n° 2

On a observé un dépôt extrêmement rapide des sédiments fins près d'un canal artificiel situé entre les rivières Edisto et Ashepoo en Caroline du Sud. Les taux d'accumulation de l'ordre de 0,05 m/mois ont formé un secteur de boue fluide connu sous le nom de « Mud Reach », qui était présent au cours d'une étude effectuée en mai 1998. L'analyse de photographies des sédiments en suspension a montré que la colonne d'eau était peuplée de flocs ayant un diamètre moyen de l'ordre de 0,3 mm, qui avaient tendance à rester en suspension pendant tout le cycle tidal, et des flocs de l'ordre de 0,8 mm avaient une vitesse de dépôt calculée d'environ 1 cm/s; ces derniers restaient près du fond, sauf à une vitesse de cisaillement maximale, u*. L'analyse granulométrique des particules inorganiques désagrégées dans la suspension et des échantillons d'une carotte prélevée dans le Mud Reach a montré que l'accumulation de matériau sur le fond était le résultat du dépôt des flocs et que malgré les valeurs élevées de u*, il se produisait peu de triage de ce matériau. Ces résultats sont compatibles avec les recherches de laboratoire sur le dépôt de sédiments fins, qui montrent que le dépôt maximal de sédiments en flocs se produit à des concentrations élevées, dans des conditions de faible turbulence. Dans la rivière Petitcodiac, on peut s'attendre à des vitesses de sédimentation extrêmement élevées en raison de la forte charge de sédiments et de la faible turbulence observée à marée étale. Ces conditions favorisent l'accumulation de boue fluide, diminuant ensuite les contraintes exercées sur le fond. Un mécanisme de rétroaction est ainsi amorcé, qui peut entraîner un piégeage accéléré des sédiments fins dans l'estuaire de la Petitcodiac, comme le montre l'accrétion rapide et continue des vasières à Moncton.

Propriétés des suspensions de sédiments fins près du fond en fonction du temps et de la densité

Richard Faas, Ph.D.

Séance sur les sédiments – Présentation n° 3

Particulièrement importantes pour les environnements soumis aux marées, ces propriétés sont très dépendantes de l'asymétrie des marées et se trouvent dans les suspensions dont la densité varie de 1,02 à 1,20 mg/m^3 (soit 10 à 480 g/L). Les propriétés de la limite d'élasticité, l'épaississement et la fluidification par cisaillement, la thixotropie et la viscosité « apparente » semblent toutes être liées au temps de sédimentation et au développement de la densité durant les périodes de marée étale. Une courte période de marée étale produira un nouveau dépôt boueux de faible densité, avec une limite d'élasticité apparente peu élevée et une faible thixotropie, qui sera facilement remis en suspension en raison du flux de fluidification par cisaillement et sera transporté par la marée montante ou descendante. En revanche, une période de marée étale plus longue permettra aux mêmes sédiments de se consolider et d'augmenter leur densité, d'atteindre une limite d'élasticité apparente importante, de résister à leur remise en suspension par le flux de fluidification par cisaillement et de rester à proximité du fond pendant une grande partie du cycle tidal. Les modélisateurs doivent connaître ces particularités et les situations dans lesquelles elles se produisent afin de prédire l'accumulation et l'agglomération de particules transportant des polluants et/ou créant des hauts-fonds et des vasières qui peuvent nécessiter des dragages fréquents.

Bilan sédimentaire de la baie Chignecto

Carl L. Amos, Ph.D.

Séance sur les sédiments – Présentation n° 4

Le réseau de la baie Chignecto (qui englobe la rivière Petitcodiac et son estuaire) est dominé par le limon et l'argile qui se déplacent principalement en suspension. L'origine de ces matériaux à grain fin est le lit de la baie Chignecto (7,3 x 106 m^3/a), résultant en grande partie de l'érosion du lit causée par l'amplification des marées depuis 4 000 ans (Amos *et al.*, 1991). Cet apport massif de matériau dans la colonne d'eau se traduit par une diminution exponentielle de la concentration moyenne (C) des particules en suspension vers la sortie de l'estuaire et il a entraîné la formation de grands marais salés et de vasières au fond de la baie, dont la plupart ont été regagnés sur la mer, éliminant ces puits naturels de sédiments. La distribution des matières en suspension est régie à la fois par le flux de marée et par les ondes de tempête. L'asymétrie des marées (de même que la différence dans le taux de variation de la vitesse du courant entre marée haute et marée basse) favorise l'équilibre entre le transport des sédiments vers le fond de la baie et leur

dispersion vers la mer à marée descendante, la circulation secondaire (Tee et Amos, 1991) et l'écoulement d'eau douce (Amos et Tee, 1989). L'action des vagues perturbe cet équilibre en causant des changements à C, qui entraînent plusieurs effets : d'abord, les variations de C ont un effet direct sur le seuil de sédimentation et sur la vitesse de dépôt massique, qui à leur tour altèrent le mouvement résiduel des matières; ensuite, les variations du gradient en C ont un effet direct sur le bilan massique vers la sortie de l'estuaire : si le gradient exponentiel devient plus profond, les sédiments sont évacués vers la mer; si le gradient devient moins profond, les sédiments sont déplacés vers la rive. La formation de glaces et le dégel ont un effet similaire, sinon plus grand, sur ce bilan massique, qui a une énorme influence sur la diffusion des sédiments vers la mer. Dans cette présentation, je vais examiner le bilan sédimentaire de la baie Chignecto sur une base saisonnière et annuelle et à l'échelle du millénaire et tenter de faire le lien avec les volumes de sédiments emprisonnés dans les vasières de la Petitcodiac. J'aborderai également les principaux facteurs qui régissent ce bilan.

Références

Amos, C.L. et Tee, K.T. 1989. Suspended sediment transport processes in Cumberland Basin, Bay of Fundy. Journal of Geophysical Research 94(C10): 14,407-14,417.

Tee, K.T. et Amos, C.L. 1991. Tidal and buoyancy-driven currents in Chignecto Bay, Bay of Fundy. Journal of Geophysical research 96(C8): 15,197-15,216.

Amos, C.L., Tee, K.T. et Zaitlin, B.A. 1991. The post-glacial evolution of Chignecto Bay, Bay of Fundy, and its modern environnement of deposition. In D.G. Smith. G.E. Reinson, B.A. Zaitlin and R.A. Rahmani (eds) Clastic Tidal Sedimentolgy. Publ. Canadian Society of Petroleum Geologists 16: 59-90.

Modèles européens du transport des sédiments cohésifs

Erik Toorman, Ph.D.

Séance sur les études de cas – Expériences vécues en Europe – Présentation n° 1

Des modèles de transport des sédiments cohésifs ont été mis au point en Europe depuis les années 1980. Pour des fins d'ingénierie, ces modèles étaient initialement des modèles bidimensionnels horizontaux (2DH) à moyenne calculée en fonction de la profondeur. L'évolution de la complexité des modèles est directement liée aux progrès réalisés dans les capacités du matériel informatique et des résolveurs numériques. Depuis le milieu des années 1990, des efforts considérables ont été déployés afin de mettre au point des modèles hydrostatiques tridimensionnels, ce qui a permis la description de processus verticaux, y compris des échanges turbulents, la stratification et la floculation. Récemment, on a observé une tendance vers l'élimination de la restriction liée à l'hydrostatique, en particulier dans des conditions d'écoulement stratifié. Une approche

en phase continue est utilisée, qui se justifie tant que les concentrations demeurent inférieures à 1 % par unité de volume, ce qui est habituellement le cas, sauf près du fond, où il peut y avoir des suspensions concentrées ou des couches de boue fluide.

Les principaux progiciels utilisés en Europe sont le Delft-3D (Delft Hydraulics, Pays-Bas), le MIKE3 (Danish Hydraulic Institute, Danemark) et le Telemac (Laboratoire national d'hydraulique et d'environnement, France, en collaboration avec HR Wallingford, R.-U., et SOGREAH, France). Ces logiciels comportent divers modules, p. ex., pour l'hydrodynamique, les vagues, le transport des sédiments et la qualité de l'eau. Ces modèles sont très robustes, au détriment de l'exactitude des résultats étant donné l'introduction de la diffusion artificielle afin de pouvoir faire des calculs stables du point de vue numérique.

Des efforts sont constamment déployés afin d'améliorer le rendement des modèles. Une collaboration entre les grandes équipes de recherche commerciales, gouvernementales et universitaires est financée en partie par la Commission européenne dans le cadre de son programme des Sciences et technologies marines. Les projets de G6/8M Coastal Morphodynamics (en partie), les 3D-Models et COSINUS mettent l'accent sur les modèles de transport des sédiments cohésifs (TSC).

Dans le cadre du projet COSINUS, on a investigué plusieurs points faibles des modèles actuels sur le paramétrage de divers processus. Il y a eu des améliorations importantes apportées à la modélisation de l'interaction sédiments-turbulence et à l'occurrence de suspensions benthiques concentrées. Cette dernière a permis la mise au point d'un nouveau module pour les couches fluides dans le modèle Delft-3D. Aucun progrès important n'a été fait concernant la modélisation de la vitesse de sédimentation et de l'érosion. La floculation peut être décrite de façon satisfaisante au moyen d'un modèle cinétique structurel, mais son étalonnage est fastidieux. La modélisation de l'érosion demeure la partie la plus faible du modèle, et elle le sera probablement toujours étant donné le degré élevé d'incertitude des paramètres correspondants du modèle. On peut s'attendre aussi à d'autres progrès dans la modélisation des effets près du fond, où l'on enregistre des concentrations élevées et une grande laminarisation; ces progrès sont importants si l'on veut améliorer l'estimation de l'échange de sédiments avec le fond.

Dans le cadre du G8M et du projet COSINUS, on a mené quelques exercices de comparaison entre les modèles. Le premier, où des essais sur un canal en laboratoire ont été simulés, a montré la difficulté de modéliser l'érosion, qui pourrait être attribuable dans une grande mesure au manque de connaissances sur la structure du lit et sa résistance, malgré la force du scissomètre, et de données sur les profils de densité. Les cas types du projet COSINUS étaient purement académiques, sans données expérimentales de référence. Les divers modèles dévient de plus en plus les uns des autres avec l'augmentation de la charge de sédiments. Ces différences s'expliquent, du moins en partie, par les effets artificiels engendrés par les schèmes numériques et par les procédures de modélisation de la couche près du fond.

Le temps et la distance jouent un rôle important dans la prise de décisions concernant l'approche de modélisation. Tel que mentionné précédemment, on peut appliquer les modèles de transport des sédiments avec des coûts acceptables pour les calculs à des problèmes liés au temps jusqu'à concurrence d'un cycle de marée vive eau à marée de morte eau, en général. De façon plus particulière, les prévisions à long terme (c-à-d. des années ou des décennies) nécessitent bien des simplifications et des approches de rechange. Il n'y a pas de consensus sur la façon d'y parvenir. Deux études de cas récents sont discutées brièvement pour illustrer ce point.

Aux Pays-Bas, une étude de faisabilité est effectuée sur la construction possible d'un nouvel aéroport international sur une île artificielle qui serait construite en face de la côte. Ce projet, appelé « Flyland », comporte diverses études, entre autres concernant l'impact de l'île sur l'hydrodynamique, la morphologie et le transport des sédiments et éléments nutritifs le long de la côte néerlandaise, mais on s'inquiète plus particulièrement des impacts environnementaux éventuels sur la mer de Wadden, une grande réserve côtière naturelle d'importance internationale qui s'étend jusqu'au Danemark. L'hydrodynamique est calculée au moyen du Delft-3D pour un cycle de marée de vive eau à marée de morte eau et est réutilisée par la suite pour le calcul des mécanismes de transport à l'aide d'une grille tridimensionnelle à 4 couches. Cela signifie que bien des effets de couplage ne peuvent pas être pris en compte. Les corrections pour les variations saisonnières de plusieurs paramètres et flux sont comptabilisées. L'incertitude entourant les résultats est considérable et ce, à cause de nombreux facteurs.

La deuxième étude de cas porte sur le Mont Saint-Michel, en France, une petite île rocheuse de granit comportant un monastère historique et un village, près de la côte, à la frontière de la Normandie et de la Bretagne; il s'agit d'un site du patrimoine mondial de l'UNESCO et d'un lieu touristique important. Compte tenu des travaux de mise en valeur des terres effectués par le passé, de la chaussée fermée qui conduit à l'île et du complexe de vannes sur le fleuve Couesnon, l'île tend à perdre son caractère marin à cause de l'accrétion rapide de marais salés voisins. Une étude est effectuée dans le but de modifier les structures hydrauliques pour restaurer et préserver le caractère original de l'île. La période touchée dans ce cas était de 50 ans. Une approche totalement différente a été adoptée. L'étude a été menée à l'aide d'un modèle physique à l'échelle, en combinaison avec un modèle numérique (Telemac). Ce dernier a servi à déterminer les conditions aux limites pour le modèle physique et à simuler diverses conditions à court terme comme le champ de courant et la distribution de la turbidité dans les conditions finales. Le modèle physique a été étalonné au moyen de données historiques, en remontant cinquante ans en arrière, et des résultats du modèle numérique.

L'interprétation des résultats du modèle de transport des sédiments cohésifs (TSC) doit être effectuée avec grand soin, en tenant compte des limites du modèle. L'incertitude liée aux résultats est élevée à cause des grandes marges d'erreur des modèles physique et numérique, de l'incertitude relative aux données et de l'incertitude relative aux paramètres du modèle, qui peuvent être attribuées à la complexité du transport naturel de sédiments, dont on ne peut comptabiliser avec précision la grande variabilité dans

l'espace et le temps. De plus, les restrictions relatives au temps et au financement ont posé des limites aux données de mesure et aux calculs. Néanmoins, les modèles de TSC ont démontré qu'ils peuvent prédire correctement les tendances, du moins qualitativement.

Références

Toorman, E.A. (2001). Cohesive sediment transport modelling: European perspective. In: Coastal and Estuarine Fine Sediment Processes (W.H. McAnally & A.J. Mehta, eds.; Proc. INTERCOH'98, Seoul, May 1998), pp.1-18, Elsevier Science, Amsterdam.

Ressources Internet

http://www.bwk.kuleuven.ac.be/bwk/cosinus/cosinus.html
http://www.dhisoftware.com/mike3/
http://www.delft3d.com/soft/d3d/index.html
http://www.telemac-system.com/gb/default.html

Exemples de modèles et de projets liés aux estuaires

Ole Petersen, Ph.D.

Séance sur les études de cas – Expériences vécues en Europe – Présentation n° 2

L'environnement dans les estuaires à marée est généralement le résultat d'un équilibre dynamique entre les marées et les ondes de tempête, le ruissellement riverain et la salinité de l'eau de mer, les conditions météorologiques locales, la topographie et les flux et dépôts de sédiments. Il est typique d'avoir un mélange d'eau salée et d'eau douce dans l'estuaire, ce qui entraîne souvent la création d'un milieu stratifié relativement complexe. À long terme, la topographie proprement dite peut se modeler en fonction du régime prévalent de vagues, de courants et de flux de sédiments, contribuant ainsi à l'équilibre fragile qui s'établit dans un estuaire. De plus, les intérêts et les usages que la société entretient en regard des estuaires sont divers et souvent contradictoires. L'acquisition de données quantitatives et la modélisation d'un milieu si dynamique peuvent donc représenter un défi difficile à relever, mais souvent indispensable.

Les sédiments dans les estuaires peuvent être de taille variable, allant de sédiments riverains grossiers dans la partie amont, qui sont déplacés lors d'épisodes occasionnels vers des masses de fins sédiments marins, qui changent d'endroits avec le cycle tidal. Par conséquent, les mécanismes qui touchent l'estuaire surviennent sur une grande échelle temporelle et spatiale. Il faudrait en tenir compte dans la modélisation pour que des modèles ciblés permettent de trouver des solutions à des problèmes distincts, de façon à utiliser les ressources disponibles de la façon la plus efficiente.

Aujourd'hui, un certain nombre de modèles existent, qui sont fondés sur des hypothèses allant de modèles unidimensionnels stables, qui peuvent décrire l'établissement à long terme de réseaux fluviaux complets, à des modèles tridimensionnels détaillés décrivant précisément l'écoulement et le transport autour de structures compliquées. En général, les modèles tiennent compte de l'hydrodynamique, de certains effets baroclines, de la qualité de l'eau et du transport des sédiments. Certains de ces modèles sont résumés au tableau 1, d'après le système modèle DHI.

Modèles unidimensionnels (MIKE 11) Réseaux avec moyennes établies en fonction de la largeur et de la profondeur. Simulations à long terme des niveaux d'eau et des effets morphologiques dans des rivières ou des estuaires étroits. Aucun effet barocline.
Modèles bidimensionnels horizontaux, 2DH (MIKE 21) Moyennes en fonction de la profondeur; cartésien ou non structuré. Simulations à moyen terme des niveaux d'eau, de la qualité de l'eau, du transport des sédiments et de la morphologie.
Modèles bidimensionnels verticaux, 2DV (MIKE XZ). Moyennes latérales.
Modèles tridimensionnels (MIKE 3) Cartésien ou non structuré. Simulations à court ou moyen terme des effets baroclines, de la turbulence, du transport de polluants, des débits locaux.
Modèles tridimensionnels (NS3). Modèle plein Navier-Stokes sur des grilles curvilignes. Les effets locaux autour des structures et des vannes sur les débits et le transport des sédiments.
Modèles physiques sans distorsion. Effets locaux des débits et affouillement, exploitation des vannes.

Tableau 1. Exemples de modèles et types d'applications possibles

La modélisation peut viser plusieurs buts, notamment :

- établir des prévisions de situations futures, lorsqu'il n'y a pas de données disponibles;
- fournir des comparaisons cohérentes entre divers scénarios;
- rationaliser la compréhension d'une base d'observations et aider à définir des programmes de surveillance.

La capacité du modèle d'atteindre ces buts dépend notamment de l'incertitude de la modélisation, qui peut être liée aux équations du modèle et à la solution, à l'incertitude dans les observations utilisées pour l'étalonnage et aux inexactitudes ou à la pertinence pour une situation donnée des valeurs utilisées pour l'étalonnage.

Étude de l'estuaire du Tamar

L'estuaire du fleuve Tamar, au Royaume-Uni, est un estuaire macrotidal de 40 km de long situé sur la côte sud de l'Angleterre, qui donne lieu à une turbidité distincte maximale. En tant que participant au projet de recherche COSINUS, financé par l'Union européenne (UE), une étude approfondie prévoyant des observations sur le terrain et une modélisation a été faite afin de valider des modèles tridimensionnels du transport des sédiments cohésifs. L'une des avancées importantes du projet a été la détermination et la

modélisation de hautes couches de boues concentrées, formées lors des périodes calmes du cycle tidal.

Étude de l'estuaire de la Loire

Il s'agit d'un estuaire macrotidal, d'environ 100 km de long, avec une amplitude de marée allant jusqu'à 5 m. On peut observer un maximum de turbidité distinct, où le volume de sédiments en suspension est d'environ $1,5 \times 10^6 m^3$, avec des concentrations maximales de l'ordre de 1 g/L. En association avec les sédiments en suspension, on observe une demande très accrue en oxygène.

Le but de l'étude était d'aider à la prise de décisions pour l'élaboration de stratégies de restauration de l'estuaire, tenant compte notamment des questions de navigation, de la qualité de l'eau, des effets sur le milieu naturel et urbain, de l'habitat du poisson et des utilisations agricoles.

Comme approche privilégiée, on a décidé de mettre au point un modèle unidimensionnel de réseau, s'inspirant du MIKE 11, pour l'écoulement, le transport des sédiments, la morphologie et la qualité de l'eau. Ce modèle avait pour but, d'une part, de résoudre le cycle tidal et l'élaboration d'une importante asymétrie de marée dans tout l'estuaire et, d'autre part, de prédire les effets ultérieurs sur un horizon de 40 ans. Le modèle unidimensionnel a été appuyé de plusieurs modèles bidimensionnels, pour tenir compte des détails locaux comme l'érosion des berges ou des effets de différents scénarios de dragage.

Lac Mühlenberger, cours inférieur de l'Elbe

L'Elbe forme un estuaire tidal, avec une amplitude de marée allant jusqu'à 3 m et mesurant quelque 50 km de long de Cuxhaven jusqu'au barrage de Geesthact. L'estuaire permet l'approche au port de Hambourg et renferme des quantités considérables de fins sédiments en suspension.

Le but de l'étude était d'estimer les effets possibles de la réouverture d'un bras du fleuve, l'Alte Süderelbe, pénétrant dans la zone écologiquement fragile du lac Mühlenberger. On prévoyait ménager une ouverture à travers deux structures à vannes, donc l'étude visait aussi l'élaboration de stratégies d'exploitation des vannes, en vue de la protection contre les crues et du confinement des sédiments contaminés.

Aux fins de l'étude, un modèle bidimensionnel local du bras de la rivière et du lac Mühlenberger a été mis au point, décrivant les cycles de marée de vive-eau et de morte-eau d'échange des sédiments à travers les vannes, ainsi que la morphologie; ce modèle a servi à optimiser l'exploitation des vannes. Un modèle unidimensionnel a été utilisé pour évaluer l'évolution à long terme de la qualité de l'eau et de l'envasement.

Asymétrie des marées, mécanismes de mélange et piégeage des particules dans les estuaires stratifiés

Bob Chant, Ph.D.

Séance spéciale sur les mécanismes liés aux marées – Présentation n° 1

Les observations dans l'estuaire de la rivière Navesink, dans le nord du New Jersey, démontrent que la flottabilité augmente la tendance vers le piégeage des particules dans les systèmes dominés par les courants de flot, parce que ces estuaires renforcent l'asymétrie des périodes de marée par stratification. Au cours de la longue et lente marée descendante, qui caractérise les systèmes dominés par les courants de flot, une rétroaction positive entre la tension de marée et le faible mélange vertical entraîne la stratification de l'estuaire. En revanche, durant le courant de flot, la turbulence engendrée par les courants de marée plus vigoureux augmente la surtension du champ de densité et la colonne d'eau se mélange bien. L'asymétrie de la période de marée en stratification a des effets importants sur la structure verticale et le transport des matières en suspension. À marée descendante, le faible mélange vertical permet aux matières en suspension de se déposer vers le fond. Par contre, la forte turbulence observée durant le courant de flot mélange les matières en suspension dans la colonne d'eau, d'où elles sont transportées vers le haut de l'estuaire. De plus, certaines observations ont permis de constater que les épisodes de remise en suspension sont marqués par de multiples pics de la turbidité, ce qui laisse penser qu'il y a de multiples couches limitées de matières sujettes à l'érosion. Le transport d'eaux turbides va de pair avec l'advection horizontale modifiée par la dispersion horizontale. Des indices relativement faibles de turbidité caractérisent aussi les périodes de stratification marquée durant la marée descendante, entraînant une sédimentation plus complète des matières en suspension suivant les périodes de débits accrus de la rivière.

L'interaction entre la flottabilité, ou portance hydraulique, et l'asymétrie des marées est encore plus manifeste dans un modèle numérique unidimensionnel illustrant un profil de fermeture turbulente avec un traceur passif de sédimentation. Les résultats du modèle sont généralement compatibles avec les observations sur le terrain, les deux mettant en lumière la forte tendance vers le piégeage des particules dans un estuaire dominé par les courants de flot. Nous présumons que le piégeage accru des particules suivant les périodes de débit accru de la rivière peuvent avoir des répercussions considérables sur la biologie du milieu.

Des données recueillies à bord de bateaux et à quai ont aussi été présentées en provenance de l'estuaire de la rivière d'Hudson, qui démontrent le mouvement des sédiments tant en fonction des marées que des saisons. Comme pour la Navesink, le piégeage des sédiments se retrouve dans les régions où la stratification est prononcée. Cependant, la stratification varie suivant le débit de la rivière, et les sédiments rejetés en aval au cours de la crue

printanière d'avril commencent à remonter le cours d'eau lorsque le débit de la rivière diminue et que la stratification se déplace vers l'amont. Une région où un piégeage accru se produit à proximité d'un étranglement du chenal où le gradient de salinité horizontal augmente et contribue à piéger les matières en suspension dans les flux horizontaux convergents.

Prédictions opérationnelles des ondes de tempête et des crues

Hal Ritchie, Ph.D.

Séance spéciale sur les mécanismes liés aux marées – Présentation n° 2

Pendant une vingtaine d'années, le Service météorologique du Canada (SMC), par l'entremise du Centre météorologique des Maritimes (CMM) dans la région de l'Atlantique (SMC-A), a eu comme responsabilité d'aviser le public lorsqu'une combinaison de marée haute et de tempête violente entraînait un risque d'élévation du niveau d'eau au-dessus de la normale et pouvant inonder certains secteurs côtiers. Les marées sont facilement prévisibles étant donné leur caractère périodique, mais par le passé, il n'y avait aucune ligne directrice fondée sur un modèle numérique pour prévoir un autre volet, les ondes de tempête, des niveaux d'eau qui sont causés par les systèmes atmosphériques.

Une équipe d'océanographes de l'Université Dalhousie (Dal) a récemment mis au point un système de prédiction des marées de tempête pour la côte est du Canada. Ce système est fondé sur un modèle bidimensionnel barotrope qui est forcé par la pression atmosphérique de surface et les vents. Fruit d'une collaboration dans le cadre du Programme de recherche sur la prévision environnementale en Atlantique (PRPEA), ce système a été transféré de l'Université Dalhousie au CMM, où il a été implanté en tant que premier système opérationnel de prévision des marées de tempête au Canada. Le système opérationnel est forcé par les valeurs de la pression atmosphérique de surface et des vents aux trois heures, qui sont fournies par le modèle opérationnel de prévision météorologique régionale du SMC, et il prédit les marées de tempête jusqu'à 48 heures à l'avance. Le transfert du système comportait une évaluation préliminaire (sous forme de « simulation rétrospective ») pour la période de septembre 1996 à février 1997, et une autre évaluation pour la période du 18 octobre au 6 décembre 1999, quand le système a commencé à fonctionner au CMM. Le système n'a pas tardé à démontrer son potentiel en produisant des prévisions très précises d'ondes de tempête sévères pour le 21 janvier 2000, qui ont causé des dommages considérables et des inondations importantes à l'Île-du-Prince-Édouard (Î.-P.-É.) et sur la côte est du Nouveau-Brunswick. Depuis lors, les spécialistes des prévisions d'ondes de tempête du CMM ont produit un système d'alerte en cas d'onde de tempête qui les avertit automatiquement lorsque les niveaux d'eau sur la côte (onde de tempête ajoutée à la marée) dépassent les seuils déjà établis pour chaque emplacement et susceptibles d'indiquer un risque d'inondation accompagnée de dommages.

Le système a été « mis à l'épreuve » lors d'un événement prévu pour le 7 novembre 2001, où l'on prédisait que les seuils de niveau 1 seraient dépassés à certains endroits dans le nord de l'Î.-P.-É. Les spécialistes du CMM ont pu déterminer quels secteurs seraient inondés et alerter le bureau provincial des mesures d'urgence à l'Î.-P.-É, qui a donné l'alerte aux résidants des secteurs visés et a surveillé l'évolution de la situation. Cette collaboration interorganismes a permis d'éviter certains dommages matériels.

Ce système de prédiction des marées de tempête sert également à l'examen des risques croissants d'inondation due à des ondes de tempête résultant du changement climatique. La présentation comporte certains résultats de cette étude de Thompson *et al.*, 2001.

Références

2001 K. Thompson, H. Ritchie, N. Bernier, J. Bobanovic, S. Desjardins, P. Pellerin, W. Blanchard, B. Smith et G. Parkes: "Modélisation Storm Surges and Flooding Risk at Charlottetown", Annexe 2, Report on Climate Change Action Fund project CCAF A041 - Coastal Impacts of Climate Change and Sea-Level Rise on Prince Edward Island.

Processus survenant en hiver dans les estuaires

Brian Morse, Ph.D.

Séance spéciale sur les mécanismes liés aux marées – Présentation n° 3

On ne sait que très peu de choses sur les mécanismes liés aux glaces dans les estuaires. Pour combler cette lacune, à la suggestion de B. Burrell (ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick) en 1998, le Comité canadien sur les processus fluviaux-glaciaux et l'environnement (CCPFG) a formé un groupe d'étude mené par B. Morse. Cette étude révèle qu'il y a trois types connus d'estuaires d'hiver : 1) la baie James (marées de l'ordre de 50 cm); 2) les estuaires se jetant dans le fleuve Saint-Laurent (amplitude de marée de 2,5 à 3,5 m); 3) les estuaires de la baie de Fundy (amplitude de marée de 11 à 14 m). Pour le type 1, le facteur le plus important à considérer est l'augmentation de l'étendue du panache d'eau douce dans des conditions de glace; sinon, les processus liés aux glaces sont les mêmes que ceux observés dans des rivières ordinaires. Pour le type 2, comme dans l'estuaire de la rivière Portneuf près de Forrestville, les processus glaciels sont complètement dominés par les marées : on observe la formation de fissures et de crêtes dans la glace, l'empilement de glaces, des inondations et des embâcles – tous liés aux marées. À son tour, la glace a des répercussions importantes sur les niveaux d'eau à marée basse, ce qui change radicalement la distribution verticale du courant et diminue l'échange d'eau durant un cycle de marée. La dynamique glace-eau-salinité-température est très complexe.

L'estuaire de la Petitcodiac se range parmi les estuaires de type 3 et a été documenté dans un rapport de 1998 déposé par R. Hudson et V. Partridge à l'atelier de 2001 du CCPFG tenu à Ottawa; ce rapport décrit également certains processus biologiques observés. Toutefois, l'étude qui fait le plus autorité en la matière, et de loin, est présentée par Desplanques et Bray (Revue canadienne de génie civil, 1986). Elle décrit 5 zones de glaces : a) en amont de la chaussée, il y a de la glace homogène ou feuilletée; b) de la chaussée jusqu'à Dover, la superficie du chenal est considérablement rétrécie (au moins de 50 %) par les glaçons qui forment des parois verticales soumises à des tensions de cisaillement; c) de Dover au cap Hopewell, il y a une formation de glaces et un transport de glaçons vers la zone 2; d) il y a une zone de production de glace dans le delta peu profond, où les concentrations de sel sont inférieures à 27,4 parties par billion – cette glace est transportée vers l'amont de l'estuaire par la marée montante; e) enfin, il y a un secteur côtier plus profond caractérisé par une très faible formation de glace.

Au cours de l'hiver, la glace dans la Petitcodiac empêche l'érosion de la boue et elle protège le biote logé dans la boue contre les rigueurs du gel. Durant la fonte, les glaçons peuvent transporter localement des volumes importants de boue (avec son contenu). La glace accumulée dans le chenal réduit considérablement l'hydrodynamique, en particulier dans la zone 2 (juste en aval de la chaussée); elle modifie les courants et peut accroître la teneur en sel.

On recommande l'élaboration d'un modèle thermodynamique-hydraulique conceptuel et/ou empirique de formation des glaces (plus particulièrement dans la zone 2), qui illustrerait les conditions limites des modèles hydrodynamiques et des sédiments durant les mois d'hiver. Pour le printemps, il faudrait envisager l'usage d'un modèle du dégel et du pli d'entraînement des sédiments indiquant les sources et les puits afin de l'intégrer aux modèles des sédiments (sachant que le moment de la fonte en fonction de la crue printanière revêt une grande importance pour prédire s'il y aura de l'érosion des berges ou de l'érosion du lit). Enfin, il pourrait être important d'avoir un modèle thermodynamique simple afin de prendre en compte l'apport de l'émissaire d'eaux usées de Moncton (estimé en gros à 100 MW), les changements de température et de la salinité afin que les valeurs appropriées soient utilisées pour l'estimation de la dynamique de floculation (requises dans le modèle de transport des sédiments).

Bien entendu, des mesures de terrain sont nécessaires pour corroborer ces modèles. En plus de discuter avec des personnes qui connaissent bien le dossier (exploration des données), les techniques de terrain devraient être fondées sur l'enregistrement vidéo et des mesures des profils de conductivité-température-profondeur à l'aide de sondes et de profileurs de courant à effet Doppler (ADCP) et d'une poursuite vidéo.

Marées et niveaux d'eau dans la partie supérieure de la baie de Fundy

Charlie O'Reilly

Séance sur la collecte de données – Présentation n° 1

La partie supérieure de la baie de Fundy donne lieu aux plus hautes marées du monde, mais ce phénomène est loin d'être aussi bien connu qu'on le croit généralement. Cette situation est due principalement au fait qu'il n'y a pas suffisamment de mesures prises à ces endroits étant donné les difficultés importantes que posent les grandes marées. La majeure partie des connaissances sur les marées provient d'ensembles de données d'observation sur un très court laps de temps, soit généralement de quelques jours à peut-être quelques mois. Les seules jauges de marée permanentes dans les eaux canadiennes de la baie de Fundy sont installées à Saint John (Nouveau-Brunswick). Les données provenant de ce site indiquent que les grandes marées augmentent encore d'amplitude, s'ajoutant à l'élévation du niveau de la mer. Concernant le fond de la baie, on constate une grande pénurie de données qui nous permettraient de jeter un peu de lumière sur le comportement à long terme de ce milieu. Dans cet exposé, je présente les éléments qui sont connus, ceux qui nous sont inconnus, et les mesures nécessaires pour combler ces lacunes. À présent, on ne peut qu'estimer les seuils de marée extrêmement haute avec un degré de précision d'un demi-mètre, au mieux (et d'un mètre à certains endroits). Les questions secondaires telles que le phénomène du mascaret sont abordées brièvement, tout comme les dangers naturels comme l'inondation due à des ondes de tempête et l'élévation accélérée du niveau de la mer. On mettra l'accent tout particulièrement sur l'estuaire de la Petitcodiac, qui est un milieu extrêmement dynamique où les grandes marées ont une influence déterminante sur la rivière, et où la rivière a une grande incidence sur les marées.

Levés hydrographiques de l'estuaire et du chenal de la rivière

Jean-Claude Vautour

Séance sur la collecte de données – Présentation n° 2

Une série de coupes transversales de la rivière Petitcodiac et de son estuaire a été définie depuis 1979, principalement par le ministère des Transports du Nouveau-Brunswick (MTNB). En 2001, le ministère fédéral des Travaux publics et des Services gouvernementaux du Canada (TPSGC) a réalisé le même type de levés pour le compte des gouvernements fédéral et provincial. Il y a eu en tout 33 coupes transversales dessinées sur les 35 km du chenal de la rivière, à partir de la chaussée de la Petitcodiac et vers l'aval jusqu'à l'embouchure de la rivière. Les données relatives à ces 33 coupes n'ont été recueillies qu'en 1991 et en 2001. Tous les autres levés ne couvrent qu'un segment de la rivière, et dans la plupart des cas, la partie supérieure de l'estuaire.

L'estuaire de la Petitcodiac donne lieu à des fluctuations de marée très importantes, à des courants puissants et à de très fortes concentrations de sédiments dans la colonne d'eau. Dans la partie supérieure de l'estuaire, le fond boueux de la rivière s'assèche presque complètement, ce qui ne laisse que 2 à 3 heures par jour pour faire les levés. De plus, on doit utiliser une grue pour la mise à l'eau des bateaux servant aux levés, bien qu'il soit possible de les mettre à l'eau depuis la plage à marée haute au quai du village Belliveau lorsque l'on travaille dans la partie inférieure de l'estuaire. Tous ces facteurs combinés rendent la collecte de données complexe et même dangereuse. Compte tenu des fortes concentrations de sédiments dans la colonne d'eau, seuls les sondeurs acoustiques à 33 khz sont capables de nous donner une image relativement fidèle du fond de l'eau.

Toutes les données des coupes transversales ont été géoréférencées en fonction du réseau de référence géodésique de premier ordre des Levés géodésiques du Canada (CGVD28). Un réseau dense de monuments à Moncton, à Riverview et le long de la route 114 jusqu'à Hillsborough a été utilisé pour les levés par le MTNB et TPSGC. Avant 2001, l'élévation des marées était enregistrée par la détermination directe de l'élévation du bateau servant aux levés selon une méthode fondée sur l'azimut et le gisement. En 2001, un système de positionnement cinématique global en temps réel (GPS CTR) a été créé. On peut espérer obtenir une exactitude verticale d'environ 0,25 m (avant 2001) et de 0,20 m (en 2001) pour les sections transversales. La pénétration dans la couche de fond par le sondeur acoustique à basse fréquence est un facteur qui peut ajouter à l'incertitude entourant l'image véritable de la couche superficielle du fond.

Les données de référence horizontales sont fondées sur le Système de référence nord-américain de 1983, qui fait partie du Système canadien de référence spatiale (SCRS NAD83). La projection cartographique utilisée est la projection de Mercator transverse, zone 20. Pour les levés, on s'est servi d'un grand nombre de monuments provinciaux situés de part et d'autre de la rivière. Le positionnement horizontal aux fins des travaux réalisés avant 1997 utilisait une méthode d'azimut-gisement et de gisement-gisement, où le tracé du sondeur acoustique a été marqué et réduit manuellement. Ces méthodes peuvent donner une exactitude horizontale d'environ 1 à 2 m. Pour les levés de 1997 et des années suivantes, le positionnement complet a été fait au moyen du GPS CTR. Les données ont été enregistrées électroniquement et on a utilisé HYPACK pour leur post-traitement. L'exactitude horizontale obtenue serait de l'ordre de 0,05 m. Les utilisateurs des données de coupes transversales doivent aussi savoir que les lignes de levé étaient généralement en zigzag à moins de 2 m de la ligne théorique et qu'il pourrait y avoir eu un désenlignement du navire allant jusqu'à 5 m à certains moments.

La collecte de données sur la rivière Petitcodiac et son estuaire est difficile en raison des nombreuses contraintes environnementales où l'instrumentation et le personnel sont poussés jusqu'à leurs limites. Une planification judicieuse et un personnel chevronné sont essentiels si l'on veut réussir les levés sur l'impétueuse rivière Petitcodiac.

Cartographie par télédétection haute résolution des milieux estuariens

Tim Webster

Séance sur la collecte des données – Présentation n° 3

Le présent exposé a pour but de présenter la technologie de télédétection pouvant s'appliquer à la cartographie à haute résolution en milieu estuarien. Des systèmes aéroportés et satellitaires sont présentés, comportant des capteurs actifs comme le radar à antenne synthétique (SAR) embarqué, le RADARSAT-1 et l'altimètre à laser de LIDAR, ainsi que des capteurs passifs comme le Landsat et l'imageur spectrographique compact aéroporté (CASI). On y décrit également l'imagerie satellite à haute résolution d'Ikonos et de QuickBird pour les environnements estuariens. Certains secteurs dans lesquels la télédétection pourrait être utile à la cartographie pour le projet de modélisation hydrodynamique de la Petitcodiac sont mentionnés, notamment l'emplacement du chenal, la couverture terrestre (marais salés, vasières, etc.), la détection des variations chronologiques (c.-à-d. la migration du chenal) et la topographie détaillée acquise à marée basse. On présente des exemples d'ensembles de données à partir des archives d'imagerie du groupe, dont beaucoup mettent l'accent sur le côté néo-écossais de la baie de Fundy, dans les estuaires du bassin Minas et du bassin de l'Annapolis, qui ont des caractéristiques similaires à celles de la Petitcodiac, p. ex., vasières et marais salés. Les images acquises à différents stades du cycle de marée sont utilisées en vue de démontrer la façon dont les limites terre-eau peuvent être compilées pour extraire l'information sur la géomorphologie intertidale de l'estuaire. Les données acquises à marée basse au moyen du système LIDAR offrent le meilleur potentiel de production de renseignements détaillés sur la topographie de l'estuaire. Il existe un large éventail de prix et de services pour ce genre de levés dans l'industrie. Grâce à ses récentes études de la côte au moyen de ces technologies, le groupe de recherche a acquis des connaissances importantes concernant des enjeux tels que les spécifications contractuelles relatives aux données et les conditions environnementales favorables pour la collecte de données. Au terme de l'exposé, une liste des fournisseurs de données et des prix de différentes technologies est présentée. Les prix varient en fonction du volume et de la disponibilité des données dans les archives.

Capteur	**Prix (dollars CAN)**
Landsat-7	0,29 $/km^2
RADARSAT	0,07 $/ km^2 (tarif du gouvernement fédéral)
Ikonos	39 $/ km^2 (multispectrale et panchromatique)
QuickBird	75 $/ km^2 (multispectrale et panchromatique)
CASI (HDI)	28 $/ km^2 (selon la superficie de la zone d'étude)
LIDAR (cartographie mosaïque)	425 $/ km^2 (selon la superficie de la zone d'étude)
LIDAR (Terra RS)	51 $/ km^2 (selon la superficie de la zone d'étude)

Acquisition de données océanographiques physiques représentatives des milieux fluviaux ou estuariens boueux

-

Gary Bugden

Séance sur la collecte de données – Présentation n° 4

Parmi les exemples d'études de la côte entreprises par le groupe de l'océanologie côtière de l'Institut océanographique de Bedford (IOB), citons l'examen des impacts de l'aquaculture (nord de l'Île-du-Prince-Édouard), la détermination du devenir des contaminants industriels (Sydney, Nouvelle-Écosse) et des études générales en appui à la gestion intégrée de la côte (lac Bras d'Or, Nouvelle-Écosse). Il y a trois types d'instruments utilisés généralement dans ces études pour la prise de mesures physiques de l'océanographie, notamment les courants et la distribution verticale et horizontale des propriétés de l'eau. Ce sont les profileurs de courant à effet Doppler (ADCP), les sondes de mesure de la conductivité, de la température et de la profondeur (CTP) et un nouveau système à circulation continue, qui pompe l'eau à travers une série de capteurs embarqués à bord d'un petit bateau. La combinaison de faibles profondeurs, de courants puissants, de charges élevées de particules en suspension et d'une grande mobilité des sédiments de fond dans le réseau de la Petitcodiac présente des difficultés particulières, qui ne se retrouvent nulle part ailleurs. Les méthodes utilisées pour le déploiement des instruments dans les autres régions ne peuvent s'appliquer ici, et dans certains cas, il n'est pas évident de savoir si les instruments proprement dits fonctionneront correctement. La technologie des profileurs de courant à effet Doppler (ADCP) est particulièrement appropriée à l'étude des questions posées; elle permet notamment d'obtenir des données sur les courants, la profondeur et certaines indications sur la charge des particules en suspension. Certaines propositions de programme d'échantillonnage physique océanographique sont discutées et l'on souligne l'importance d'aller sur le terrain et de prendre des mesures plutôt que de rester assis à échafauder des hypothèses farfelues.

Expériences récentes en modélisation du transport de sédiments cohésifs

-

Doug Scott, Ph.D.

Séance sur les études de cas – Autres expériences sur la modélisation d'estuaires – Présentation n° 1

Au cours du présent exposé, on a présenté un sommaire des expériences récentes effectuées dans la simulation numérique de l'érosion et du dépôt des sédiments cohésifs tant dans les milieux riverains qu'estuariens, mettant l'accent sur les principaux problèmes et observations applicables à l'estuaire de la Petitcodiac. Deux des exemples

présentés touchaient la modélisation numérique des changements morphologiques et du devenir des sédiments contaminés dans les rivières Fox et Sheboygan du Wisconsin.

De plus, on a présenté un exemple d'un projet de conception-construction accélérée d'un chenal de navigation dans un estuaire boueux situé en Malaisie. La simulation exacte du devenir des sédiments estuariens est un aspect critique du projet, et l'on a fait un survol d'une approche de modélisation intégrée et de mesure sur le terrain.

La variabilité potentielle de la définition des propriétés des sédiments cohésifs dans les rivières et les estuaires a été abordée. On recommande la tenue d'une série de tests sur les sédiments pour la Petitcodiac, qui comporterait diverses techniques de laboratoire et d'analyse. La définition exacte des conditions limites des sédiments représente aussi un aspect critique de la procédure de modélisation et peut conduire à un degré élevé d'incertitude dans les résultats de la modélisation.

On a souligné l'importance de créer une équipe intégrée possédant une expertise dans la modélisation numérique, les mesures sur le terrain et la géomorphologie des rivières/estuaires, ainsi que l'importance de mener des travaux de modélisation et des campagnes sur le terrain de façon répétée, à des niveaux croissants de complexité. La modélisation de la Petitcodiac devrait être amorcée à un faible niveau de complexité, qui irait en augmentant à mesure que l'on acquiert des connaissances sur l'estuaire.

On a fait remarquer que la modélisation numérique n'éliminera pas l'incertitude liée aux modifications à la chaussée de la Petitcodiac et que les risques et impacts connexes devraient faire l'objet d'une gestion appropriée. Cela signifie qu'il peut être nécessaire d'apporter des changements contrôlés à l'estuaire de la Petitcodiac et d'assurer une surveillance, une modélisation et une évaluation continues.

Expérience récente dans la modélisation du débit des rivières et de l'érosion – Applicabilité à la rivière Petitcodiac

Michael Davies, Ph.D.

Séance sur les études de cas – Autres expériences en modélisation d'estuaires – Présentation n° 2

(Aucun résumé disponible)

ANNEXE D

CURRICULUM VITAE DES PRÉSENTATEURS

Carl Leonetto Amos, Ph.D.

Southampton Oceanography Centre
European Way, Dock 4
Southampton, Hampshire
SO14 3ZH
ROYAUME-UNI

Courriel : cla8@soc.soton.ac.uk
Tél. : 44-02380-596068
http://www.soton.ac.uk/~cla8/

M. Carl Amos a apporté des contributions importantes à la science et aux processus théoriques et appliqués liés à la terre. Sa contribution la plus notable a été de quantifier les risques associés aux mouvements de terrain, à la stabilité des sédiments et aux fuites de gaz dans l'industrie pétrolière et gazière du Canada et des États-Unis, méthode qui a été appliquée à l'évaluation des risques des réseaux côtiers et fluviaux en rapport avec le changement climatique. À cette fin, il a conçu et mis en place des technologies novatrices et des simulations numériques qui ont été utilisées dans le cadre pratique d'exploration, d'exploitation et de gestion des ressources naturelles et aux fins du développement durable. M. Amos a travaillé dans presque tous les milieux naturels (lacs, rivières, fleuves, côtes, mers, plate-forme continentale et haute mer) et toutes les régions climatiques (arctiques, tempérées, méditerranéennes et tropicales), accumulant des connaissances et une expérience approfondies des systèmes mondiaux et de leur complexité. Il a dirigé les travaux de plus de 30 campagnes scientifiques en océanographie et participé à bien d'autres études multidisciplinaires des systèmes terrestres – les derniers de ceux-là (Euro-Delta et EUStrataform) étant entrepris de concert avec le projet phare multiorganismes et multinational de l'ONR (Office of Naval Research, É.-U.). Il a publié 180 articles et rapports scientifiques sur ses travaux et donné de nombreuses conférences au Canada, aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Italie, en Afrique, en Argentine et en Chine. M. Amos a donné des cours en géodynamique avancée en Argentine, au Brésil, en Chine, aux Philippines et en Italie. Une grande partie de ces recherches fait l'objet d'une discussion dans un numéro spécial de Continental Shelf Research (1991), qu'il a révisé. Pour son travail, il a obtenu la distinction de conférencier éminent de l'APICS. Pendant son séjour au Canada, il a dirigé le groupe chargé de l'étude de la géodynamique des sédiments au premier établissement d'océanographie au Canada (IOB), s'appuyant sur une expérience acquise comme chef de bureau de Woodward Clyde Consultants (une firme de consultants en études géoscientifiques de San Francisco ayant des bureaux dans le monde entier) durant l'expansion de l'industrie canadienne des hydrocarbures extracôtiers.

M. Amos a travaillé énormément avec des universités, des industries et des gouvernements de partout dans le monde afin de résoudre des problèmes

d'environnement et d'ingénierie appliquée. Il a été en charge de la mise au point du programme LISP, une méthode d'étude multidisciplinaire pour la recherche de solutions aux problèmes d'environnement, qui a été adoptée par le Royaume-Uni (programme LOIS dans l'estuaire de la rivière Humber), dans l'Ouest canadien (étude sur la pollution du delta du Fraser) et par l'Argentine (stabilité du chenal de la baie Blanca). Il a travaillé pour l'ONU comme consultant en Chine, et comme conseiller pour l'ACDI (gouvernement canadien) en océanographie en Argentine. Il est membre du groupe 106 du SCOR (Comité scientifique pour les recherches océaniques), chargé d'étudier l'impact de l'élévation du niveau de la mer sur les côtes boueuses. Ses rôles honoraires actuels comprennent les suivants : comité de rédaction de la revue *Estuarine, Coastal and Shelf Science* et du *Journal of Coastal Research*; membre du comité de recherche et développement du SOC; membre du comité d'examen pour EUROMARGINS, de l'European Science Foundation; conseil d'administration de l'École de spécialisation dans la zone côtière, Italie. Depuis qu'il est parti en Europe, il a gagné divers prix liés à *des projets de l'Union européenne, des subventions nationales du R.-U. et d'autres prix pour avoir obtenu un taux de succès de financement de 55 %.*

Gary Bugden

Pêches et Océans Canada
Division des sciences de la mer
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2
CANADA

Courriel : BugdenG@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tél. : (902) 426-5745

Gary Bugden a obtenu sa maîtrise en océanographie physique de l'Université Dalhousie en 1976. Peu après, il a joint les rangs du ministère des Pêches et des Océans pour travailler sur l'océanographie physique du golfe du Saint-Laurence.

Plus récemment, il a participé à plusieurs projets multidisciplinaies dans la zone côtière, explorant l'application de technologies émergentes afin de résoudre des problèmes de gestion de la zone côtière, notamment l'impact de l'aquaculture et l'élimination des déchets industriels.

Publications sélectionnées

Strain, P.M., G. Bugden, M. Brylinsky et S. Denny. 2001. Nutrient, Dissolved Oxygen, Trace Metal and Related Measurements in the Bras d'Or Lakes, 1995 – 1997. Rapp. stat. can. des sci. hal. et aquat. 1073 : iv+52 p.

Dowd, M., F.H. Page, R. Losier, P. McCurdy et G. Bugden. 2001. Physical Oceanography of Tracadie Bay, PEI: Analysis of sea level, current, wind and drifter data. Rapp. techn. can. des sci. hal. et aquat. 2347 : iii+77 p.

Petrie, B., G. Bugden, T. Tedford, Y. Geshelyn et C. Hannah. 2001. Review of the Physical Oceanography of Sydney Harbour. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 215: vii+43 p.

Robert J. Chant, Ph.D.

Institute of Marine and Coastal Sciences
Rutgers University
71 Dudley Road
New Brunswick, NJ 08901
UNITED STATES OF AMERICA

Courriel : chant@imcs.rutgers.edu
Tél. : 732-932-7120
Télécopieur : 732-932-3036

Études de premier cycle

State University of New York Buffalo, New York	Baccalauréat, génie électrique, 1985

Études de deuxième cycle

State University of New York Stony Brook	Maîtrise, sciences de la mer, 1991
State University of New York Stony Brook	Doctorat, océanographie, 1995

Formation postdoctorale

Rutgers University Institute of Marine and Coastal Science	1995-1998

Nominations universitaires

Depuis 1998	Professeur et chargé de recherche adjoint, IMCS- Rutgers

Récentes publications pertinentes à l'atelier sur la modélisation de la rivière Petitcodiac et de son estuaire

Chant, R. J. (2001). Tidal and subtidal motion in a multiple inlet/bay system. *Journal of Coastal Research.* Special issue 31:102-114b

Chant, R. J. et A. Stoner. 2001, Particle trapping in a stratified flood-dominated estuary. *Journal of Marine Research.* 59:29-51

Chant, R. J., C. Curran, K. Able et S. Glenn. 2000. Delivery of winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) larvae to settlement habitats in coves near tidal inlets. *Estuarine and coastal Shelf Science.* 51:529-541.

Chant, R. J. et R. E. Wilson. 2000. Internal hydraulics and mixing in a highly stratified estuary. *Journal of Geophysical Research.* 106:14215-14222.

Chant, R. J. et R. E. Wilson. 1997. Secondary circulation in a highly stratified estuary. *Journal of Geophysical Research.* 102:23207-23216.

Norman L. Crookshank

Centre d'hydraulique canadien
Conseil national de recherches du Canada
Édifice M32, chemin Montréal
Ottawa (Ontario) K1A 0R6
CANADA

Courriel : Norm.Crookshank@nrc.ca
Tél. : (613) 993-6689

Norman Crookshank est ingénieur principal de projet au Centre d'hydraulique canadien (CHC) du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et dirige présentement la Section de l'hydraulique environnementale du CHC. Il possède 33 années d'expérience en génie de l'environnement et des régions côtières, en conception de systèmes informatiques intégrés et en hydroinformatique. Il a acquis de l'expérience à l'international dans le cadre de projets menés aux États-Unis, en Thaïlande, en Malaisie, à Hong Kong, en Chine, au Sénégal et à Madagascar. Il a été en affectation en Inde à titre de consultant dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le développement et agit actuellement comme expert pour le compte de l'Organisation météorologique mondiale.

M. Crookshank est reconnu comme chef de file dans la mise au point et l'application d'une grande variété de modèles numériques, physiques et hybrides visant à résoudre des problèmes liés aux rivières et fleuves, aux lacs, aux estuaires et aux régions côtières. Il a dirigé des équipes de projet et agi comme consultant pour bon nombre d'études

d'ingénierie et d'environnement qui ont permis de prévoir des vagues extrêmes et des ondes de tempête, de simuler les courants de marées et générés par les vagues, de prévoir le trajet des inondations et la rupture de barrages, et de modéliser l'agitation par les vagues dans les ports et les marinas. Parmi les autres études auxquelles il a collaboré, mentionnons l'affouillement et le dépôt des sédiments, l'élimination des déblais de dragage, l'érosion des berges, les déversements de pétrole, la qualité de l'eau et la pollution.

M. Crookshank est également très actif dans le domaine des systèmes informatiques et des ordinateurs. Il a dirigé la mise au point du premier système de contrôle expérimental généralisé, d'acquisition de données et d'analyse, connu sous le nom de GEDAP, pour l'intégration et la normalisation de la modélisation physique. Le GEDAP est largement accepté et utilisé activement dans bien des laboratoires du monde entier. Pour la modélisation numérique, il a dirigé la mise au point du système HYDA. Ce système utilise une technologie informatique de pointe fournissant un environnement virtuel réaliste et novateur aux fins de la modélisation hydronumérique. Présentement, il dirige l'élaboration d'un nouveau cadre informatique intégré de simulation environnementale, EnSim. Les applications d'EnSim peuvent être conçues de façon à prendre en charge un modèle particulier ou une série de modèles afin de trouver des solutions à des problèmes dans une vaste gamme de systèmes de prévision environnementale et d'aide à la décision, comme pour la prévision des inondations et la gestion des bassins versants.

M. Crookshank est l'auteur de plus de 70 articles et publications, et il a donné des conférences en Inde, en Corée, en France, à Hong Kong, en Thaïlande, en Malaisie et au Canada sur des sujets relatifs à la modélisation et aux systèmes de logiciels intégrés.

Graham R. Daborn, Ph.D.

Acadia Centre for Estuarine Research
Université Acadia
War Memorial House, bur. 142
Wolfville (Nouvelle-Écosse)
CANADA

Courriel : graham.daborn@acadiau.ca
Tél. : (902) 585-1118 ou 1113
Télécopieur : (902) 585-1054
http://ace.acadiau.ca/science/cer/gdaborn.htm

Ph.D. (Alberta) en zoologie, 1973
M. Sc. (Alberta) en zoologie, 1969
B. A. (Keele), double spécialité en biologie et anglais, 1966

M. Daborn est directeur de l'Acadia Centre for Estuarine Research et professeur de biologie à l'Université Acadia. Depuis les trente dernières années, il participe à de nombreux types de recherches portant principalement sur les écosystèmes aquatiques. Au départ, ses recherches portaient sur les lacs et étangs, l'accent étant placé sur la structure des communautés et les flux d'énergie dans toute la communauté biologique. Depuis son arrivée à l'université Acadia, il s'est beaucoup impliqué dans la recherche sur les estuaires, en particulier les estuaires macrotidaux du réseau de la baie de Fundy. Son défi initial était de trouver des solutions aux impacts environnementaux de la puissance marémotrice. De 1976 à 1984, le personnel de l'université Acadia a collaboré étroitement à la coordination du comité chargé des études environnementales de Fundy, un regroupement de plus de 50 scientifiques d'universités et d'établissements de recherche gouvernementaux. Lorsque ce programme a pris fin en 1984, l'Acadia Centre for Estuarine Research a été créé avec pour mandat de mettre l'accent sur les milieux estuariens. Depuis lors, les recherches au Centre de recherche ont couvert toute la gamme des sujets de recherche liés aux estuaires, depuis la production primaire de phytoplancton, les diatomées benthiques et les marais salés, jusqu'à la dynamique des populations, les taux de croissance et les relations trophiques entre les crustacés, les poissons et les oiseaux. On a accordé une attention toute spéciale au jumelage entre les communautés benthiques et pélagiques, et aux relations complexes entre les animaux, les plantes et les sédiments. En plus de ses activités scientifiques, le Centre contribue présentement à la tenue de nombreuses initiatives faisant le pont entre les intérêts humains et ceux de la communauté scientifique et universitaire, surtout en rapport avec l'étude des conséquences des changements dans les écosystèmes côtiers. Ces initiatives comprennent notamment le soutien au Plan d'assainissement du littoral atlantique (PALA), le Partenariat sur l'écosystème de la baie de Fundy (BoFEP), le Réseau canadien de l'eau (RCE) et le Réseau des sciences environnementales de l'Atlantique (RSEA).

Michael Davies, Ph.D.

Pacific International Engineering Corp.
6557, rue Morningview
Ottawa (Ontario) K1C 7H1
CANADA

Courriel : mdavies@piengr.com
Tél. : (613) 859-4600

Après 17 ans au Centre d'hydraulique canadien (CHC) du Conseil national de recherches du Canada, M. Michael Davies a récemment opté pour la pratique privée et ouvert un bureau à Ottawa pour Pacific International Engineering, une firme de consultants basée à Washington.

M. Davies est ingénieur professionnel accrédité possédant une expertise dans la modélisation physique et numérique des problèmes techniques relatifs aux régions

côtières. Il a 17 années d'expérience dans le domaine du génie hydraulique et des régions côtières, trouvant des solutions novatrices à des problèmes d'ingénierie pour un large éventail de clients des secteurs privé et public.

Son expérience au chapitre des projets varie du calcul des charges en fonction des vagues et de la protection contre l'affouillement pour les plates-formes de forage au large de la Russie jusqu'à l'impact du sillage des navires et aux problèmes d'érosion des berges dans le fleuve Saint-Laurent.

Andrew Driscoll

DHI Water and Environment Inc.
8 Neshaminy Interplex, Suite 219
Trevose, PA 19053
UNITED STATES OF AMERICA

Courriel : amd@dhigroup.com
Tél. : (215) 244-5344
Télécopieur : (215) 244-9977

M. Driscoll détient un baccalauréat en océanographie physique et une maîtrise en génie des régions côtières de l'University of Delaware. Il a travaillé pour Danish Hydraulic Institute (DHI) Water & Environment pendant 10 ans (dont 7 ans au Danemark et 3 ans à Philadelphie), réalisant et dirigeant des études au moyen de modèles numériques relativement à l'hydrodynamique, à la mécanique des vagues, au transport des sédiments et à l'hydraulique environnementale.

Richard Faas, Ph.D.

Department of Marine Science
University of Southern Mississippi
1020 Balch Blvd., Stennis Space Center, Mississippi 39529
UNITED STATES OF AMERICA

Courriel : rfaas@juno.com
Tél. : (228) 688-7099

M. Faas est né à Appleton, au Wisconsin, le 8 novembre 1931; diplômé en géologie du Lawrence College en 1953, il a passé les quatre années suivantes dans les rangs de la garde côtière américaine, puis deux ans avec la Topographic Branch de l'U.S. Geological Survey. Il est retourné étudier en 1959 (Iowa State University) et a obtenu son doctorat en géologie en 1964. Sa thèse de doctorat portait sur une étude paléoenvironnementale d'une séquence de la fin du Pléistocène de sédiments estuariens et lagunaires de la plaine

côtière arctique près de Barrow, en Alaska. Après avoir obtenu son doctorat en 1964, il est devenu instructeur au département de géologie du Lafayette College, à Easton, Pennsylvanie, et il a continué à travailler comme professeur titulaire jusqu'à sa retraite en 1995. Son intérêt pour la sédimentologie des sédiments fins a été renforcé par sa proximité avec les lagunes côtières du New Jersey et de la baie de Chesapeake. Par la suite, il a mené des recherches dans l'estuaire de la Schelde en Belgique, collaboré au projet AMASSEDS sur la plate-forme continentale de l'Amazone et à un autre mandat sur les berges boueuses éphémères de la côte de Kerala en Inde, participé au projet LISP en Nouvelle-Écosse et tout récemment, au projet de recherche spécial du CBBL dans l'ouest de la mer Baltique.

David Alexander Greenberg, Ph.D.

Pêches et Océans Canada
Océanographie côtière
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2
CANADA

Courriel : greenbergd@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tél. : (902) 426-2431
Télécopieur : (902) 426-7827

Formation

Baccalauréat en mathématiques (appliquées) 1969, Université de Waterloo
Maîtrise en mathématiques (appliquées) 1970, Université de Waterloo
Doctorat (océanographie) 1975, University of Liverpool, Bidston Observatory, R.-U.

Principaux domaines de recherche

Mise au point de modèles numériques océaniques et océaniques-côtiers.

Modélisation des niveaux de la mer et des courants près du rivage dans les régions comportant des zones d'assèchement et de mouillage intertidales appliquée à l'aquaculture et autres enjeux relatifs aux régions côtières.

Modélisation de l'archipel Arctique, examinant les effets de la glace sur les marées et prédisant le transport sur de longues périodes.

Modélisation de l'inondation et augmentation des risques de crues dus à l'élévation du niveau de la mer et des changements connexes dans les marées de la baie de Fundy et du golfe du Maine.

Denis Haché

Pêches et Océans Canada
Gestion de l'habitat - Moncton
Centre des pêches du Golfe, 343, avenue Université
C.P. 5030
Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6
CANADA

Courriel : hached@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tél. : (506) 851-6252
Télécopieur : (506) 851-6579

Denis Haché est ingénieur au ministère des Pêches et des Océans (MPO) à Moncton. Il a obtenu son B. A.Sc. en 1977 de l'Université de Moncton. Il a été à l'emploi de Travaux publics, secteur maritime, dans le domaine du génie maritime au Québec, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, à l'Île-du-Prince-Édouard et à Terre-Neuve de 1977 à 1981. Il a été responsable de la conception et de l'exploitation de passes migratoires et d'installations de pisciculture entre 1981 et 1983. Depuis 1983, il a travaillé pour la Gestion de l'habitat (MPO) dans les régions du Golfe et des Maritimes, se spécialisant dans la conception des passes migratoires, le maintien des débits, l'ingénierie fluviale, le dragage et l'élimination de déchets en mer, et la construction routière.

B.G. Krishnappan, Ph.D.

Environnement Canada
Institut national de recherche sur les eaux
Centre canadien des eaux intérieures
C.P. 5050
867, chemin Lakeshore
Burlington (Ontario) L7R 4A6
CANADA

Courriel : Krish.Krishnappan@cciw.ca
Tél. : (905) 336-4766
Télécopieur : (905) 336-4420

M. Krishnappan travaille à l'Institut national de recherche sur les eaux à Burlington (Ontario) à titre de chercheur scientifique depuis 1972. Il a obtenu son baccalauréat en génie mécanique de l'Université de Madras en Inde, sa maîtrise en génie mécanique de l'Université de Calgary et un doctorat en génie civil de l'Université Queen's à Kingston

(Ontario). Ses domaines de recherche privilégiés comprennent la dynamique fluviale, les processus de dispersion et les mécanismes de transport des sédiments cohésifs.

Tim Milligan

Pêches et Océans Canada
Section de l'écologie de l'habitat
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006 (livraisons au : 1, promenade Challenger)
Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2
CANADA

Courriel : milligant@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tél. : (902) 426-3273
Télécopieur : (902) 426-6695.

Timothy G. Milligan est un chercheur de la Division des sciences de l'environnement marin, de Pêches et Océans Canada. Il dirige les recherches du laboratoire de dynamique des particules sur le comportement des particules fines dans les milieux aquatiques à l'Institut océanographique de Bedford. Ses principaux domaines de recherche sont les mécanismes régissant la perte de sédiments du panache des rivières, l'effet de la floculation sur le transport et le devenir des contaminants et les impacts environnementaux des activités liées aux hydrocarbures extracôtiers et de l'aquaculture. Ces travaux se fondent sur une paramétrisation axée sur les processus de la distribution des tailles des grains dans les sédiments en suspension et au fond de l'eau, et sur le comportement sur place des suspensions de flocs.

Milligan, T.G., G.C. Kineke, A.C. Blake, C.R. Alexander et P.S. Hill. 2001. Flocculation and sedimentation in the ACE Basin, South Carolina. Estuaries, 24(5): 734-744.

Milligan, T.G., 2001. Sediment sorting in turbid suspensions, Keynote address, Chapman Conference on Strata Formation on Continental Margins, Ponce, Puerto Rico, AGU, Washington.

Hill, P.S., T.G. Milligan et W.R. Geyer, 2000. Controls on effective settling velocity of suspended sediment in the Eel River flood plume, Cont. Shelf Res. 20, 2095-2111.

Christiansen, T, P.L. Wiberg et T.G. Milligan, 2000. Flow and sediment transport on a tidal salt marsh, Estuarine Coastal Shelf Sci. 315-331.

Milligan, T.G. et P.S. Hill, 1998. A laboratory assessment of the relative importance of turbulence, particle composition, and concentration in limiting maximal floc size and settling behaviour, J. Sea Res. 39/3-4, 227-241.

Brian Morse, Ph.D.

Département de génie civil
Université Laval, Cité universitaire
Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4
CANADA

Courriel : brian.morse@gci.ulaval.ca
Tél. : (418) 656-2867
Télécopieur : 418-656-2928
http://www.ulaval.ca/vrr/rech/Cherc/3324141.html

Brian Morse, ingénieur et Ph.D., est professeur à l'Université Laval au département de génie civil; il enseigne l'hydraulique fluviale, l'hydrologie et les processus liés aux glaces de rivière. Il est spécialisé dans les voies navigables commerciales. Il a mis au point des modèles du lit et des modèles hydrologiques, qu'il a appliqués à l'estuaire du fleuve Fraser, à l'estuaire du Saint-Laurent et à l'estuaire de la rivière Portneuf. Il a participé à bon nombre d'études de terrain utilisant un large éventail d'équipements dans bien des conditions climatologiques différentes.

Charles O'Reilly

Pêches et Océans Canada
Service hydrographique du Canada (Atlantique)
Polaris – 2e étage
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006, Dartmouth
(Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2
CANADA

Courriel : OReillyC@mar.dfo-mpo.gc.ca
Tél. : (902) 426-5344

En 1975, Charles O'Reilly a obtenu son baccalauréat ès sciences en géologie et physique de l'Université Dalhousie de Halifax (Nouvelle-Écosse). Il a travaillé à la géophysique d'exploration pour Texaco et Union Oil en Alberta. En 1978, il a joint les rangs du Service hydrographique du Canada, où il a travaillé à la section responsable de l'étude des marées, des courants et des niveaux d'eau. Présentement, il est chef de l'analyse des marées et des prévisions (région de l'Atlantique). Il est très actif dans les questions relatives à la gestion des zones côtières, de la cartographie tridimensionnelle par télédétection et de la création de transformées 3D de données du canevas altimétrique. Il est également très actif dans la recherche sur les impacts de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempête sur la côte est du Canada. Il a déjà été vice-président de

l'Association canadienne d'hydrographie, et membre de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie ainsi que de l'Union géophysique canadienne.

Ole Petersen, Ph.D.

Danish Hydraulic Institute
Agern Alle 11 - DK2970 Horsholm -
DANEMARK

Courriel : osp@dhi.dk
Tél. : +45 45169305 (résidence : +45 45766903)
http://www.dhi.dk

M. Ole Petersen est l'ingénieur principal en recherche au Danish Hydraulic Institute (DHI) Water & Environment, service de la dynamique estuarienne. Il s'intéresse de près à la modélisation d'estuaires et de débits côtiers, et plus particulièrement à la modélisation tridimensionnelle des flux stratifiés et du transport des sédiments cohésifs. Il est responsable de nombreux projets de consultation et de recherche sur des problèmes liés à des estuaires, concernant notamment l'hydrodynamique, le transport des boues et la qualité de l'eau, et à des projets de développement de logiciels. Il possède une vaste expérience en enseignement et en recherche sur les débits en environnement car il a fait partie du personnel enseignant du département de génie civil de l'Université Aalbord pendant 10 ans, et il a travaillé pendant 5 ans comme chercheur principal à l'International Centre for Computational Hydrodynamics au Danemark.

Harold Ritchie, Ph.D.

Université Dalhousie
Département d'océanographie
Halifax (Nouvelle-Écosse) B3H 4J1
CANADA

Courriel : Harold.Ritchie@ec.gc.ca
Tél. : (902) 494-5192
Télécopieur : (902) 494-2885
http://www.phys.ocean.dal.ca/people/po/Ritchie_Harold.html

M. Harold Ritchie est chercheur scientifique au Service météorologique du Canada, Environnement Canada, et professeur adjoint au département d'océanographie de l'Université Dalhousie. Ses principaux domaines de recherche sont les prévisions météorologiques numériques et la création de modèles numériques couplés pour les prévisions environnementales.

M. Ritchie a assumé des responsabilités toujours plus grandes pour des projets d'envergure mettant à contribution le modèle du système global spectral de prévision du Canada, qui a été utilisé en tant que modèle d'assimilation des données mondiales et de prévision au Centre météorologique canadien (CMC) de mars 1991 à octobre 1998. Il a collaboré au transfert de technologie qui a permis la mise en place et l'amélioration opérationnelles de modèles spectraux semi-lagrangiens au CMC et au Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT); ces modèles sont considérés comme étant parmi les meilleurs modèles de prévision à moyen terme du monde. À la lumière de cette expérience et expertise dans la mise au point et l'application de modèles numériques de prévision météorologique, M. Ritchie a été nommé chercheur scientifique principal du Service météorologique du Canada (SMC) pour le Programme de recherche sur la prédiction environnementale en Atlantique, basée à Halifax (Nouvelle-Écosse). Dans le cadre de cette nouvelle initiative importante, le SMC s'est joint à d'autres partenaires afin de mener des travaux de collaboration multidisciplinaire de recherche et développement visant l'obtention de prévisions environnementales plus détaillées. M. Ritchie dirige aussi le groupe de modélisation numérique couplée aux bureaux de la Recherche en prévision numérique (RPN), de Dorval, au Québec. Les premières publications résultant de cette activité portent sur la modélisation atmosphère-hydrologie, les prévisions opérationnelles des ondes de tempête et la transition extratropicale des ouragans.

Jochen Schroer

Natech Environmental Services Inc.
109, chemin Patterson, Harvey Stn. (Nouveau-Brunswick) E6K 1L9
CANADA

Courriel : natech@nbnet.nb.ca
Tél. : (506) 366-1080
Télécopieur : (506) 366-1090

M. Jochen Schroer a obtenu un baccalauréat en génie de l'environnement de l'Université de Hambourg, Allemagne, en 1984. Après avoir immigré au Canada et travaillé pour la firme d'ingénierie Washburn and Gillis pendant six ans, il a terminé sa maîtrise en génie à l'UNB. En 1993, il a démarré sa propre firme de consultation, NATECH Environmental. NATECH a effectué de nombreuses études hydrotechniques sur des rivières locales, y compris la Petitcodiac. Actuellement, NATECH travaille à la modélisation des crues pour l'étude hydrotechnique du ruisseau Jonathan de Moncton. NATECH a effectué des études de dispersion des effluents pour plusieurs plans d'eau de la côte Atlantique, notamment au port de Shippagan, dans l'estuaire de la rivière Saint-Jean et dans l'estuaire de la Miramichi.

Douglas Scott, Ph.D.

Baird & Associates
1145, chemin Hunt Club, salle 1
Ottawa (Ontario) K1V 0Y3
CANADA

Courriel : dscott@baird.com
Tél. : (613) 731-8900
Télécopieur : (613) 731-9778
http:\\ www.baird.com

M. Douglas Scott, un associé principal chez Baird & Associates, est spécialiste de la gestion des études et projets techniques complexes dans le domaine du génie hydraulique et des environnements côtiers. Il a obtenu son doctorat à l'Université Queen's en 1986, et depuis lors, il a dirigé de nombreuses activités de modélisation numérique chez Baird, devenant un collaborateur dans de nombreux projets dans le monde entier nécessitant la simulation numérique de processus hydrauliques, environnementaux ou océanographiques. Parmi les projets récents portant sur la dynamique des estuaires et rivières/fleuves, mentionnons la modélisation tridimensionnelle des processus hydrauliques et liés aux sédiments à l'écluse/barrage n° 3 sur le Mississippi; l'élaboration d'un modèle tidal pour le cours inférieur du Fraser; et la simulation des processus hydrodynamiques et liés aux sédiments cohésifs dans un estuaire situé en Malaisie.

M. Scott est membre de la Société canadienne de génie civil, et membre associé de l'American Society of Civil Engineers et de l'American Meteorological Society. Il a publié des articles sur une variété de sujets relatifs au génie hydraulique et des régions côtières.

Erik Toorman, Ph.D.

Katholieke Universiteit Leuven
Hydraulics Laboratory - Civil Engineering Dept.
Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Leuven
BELGIQUE

Courriel : Erik.Toorman@bwk.kuleuven.ac.be
Tél. :+32.16.321659
Télécopieur : +32.16.321989
http://perswww.kuleuven.ac.be/~p6478500/et.html

M. Erik Toorman est ingénieur en mécanique (Université Libre de Bruxelles, 1987), spécialiste de la Dynamique computationnelle des fluides. Depuis 1987, il travaille comme chercheur au laboratoire d'hydraulique de K.U.Leuven, où il a obtenu son

doctorat en génie civil en 1992. Actuellement, il est chargé de cours et chercheur associé. Ses recherches portent sur les nombreux aspects interdisciplinaires du transport des sédiments cohésifs, principalement dans les milieux estuariens. Jusqu'à présent, il a fait surtout de la recherche fondamentale, c.-à-d. qu'il utilise un logiciel qu'il a développé lui-même comme laboratoire virtuel afin d'étudier l'interaction de divers processus et de définir des procédures de modélisation appropriées. Avec le professeur J. Berlamont, chef de sa division, il coordonne le projet MAST3 COSINUS financé par l'Union européenne. Les projets actuels et à venir sont bien davantage orientés vers la recherche appliquée et traitent de divers enjeux environnementaux (par exemple, la restauration de terres humides et le transport des éléments nutritifs et contaminants).

Jean-Claude Vautour

Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
Ressources en AG
Immeuble du gouvernement fédéral, 1713, Bedford Row
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 1T3
CANADA

Courriel : Jean-Claude.Vautour@PWGSC.GC.CA
Tél. : (506) 851-2474
Télécopieur : (506) 851-6500

Diplômé de l'Université du Nouveau-Brunswick en génie de l'arpentage, M. Vautour a travaillé au Service hydrographique canadien pendant deux ans, dirigeant des levés dans les provinces de l'Atlantique et dans l'Arctique canadien. Il a aussi travaillé quatre ans pour la Direction des ressources en eau, au ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick.

Il travaille présentement à titre d'ingénieur en hydrographie pour le ministère fédéral des Travaux publics et des Services gouvernementaux du Canada.

M. Vautour participe à divers levés hydrographiques pour la cartographie, le dragage de chenaux, la surveillance de l'environnement et la protection des ponts contre l'affouillement dans les provinces de l'Atlantique.

Tim Webster

Centre des sciences géographiques
Collège communautaire de la Nouvelle-Écosse, campus de la vallée d'Annapolis
50, chemin Elliott, Lawrencetown (Nouvelle-Écosse) B0S 1M0
CANADA

Courriel : tim@cogs.ns.ca
Tél. : (902) 825-5475
http://142.227.25.130:8787/agrg/faculty/tim/cv_webster.html

M. Tim Webster détient une maîtrise en sciences de l'Université Acadia. Présentement, il est chercheur scientifique au Centre des sciences géographiques, avec le nouveau groupe de recherche en géomatique appliquée. Avant de se voir confier ce mandat, M. Webster a enseigné la télédétection et les SIG au COGS à partir de 1991. Il a obtenu un diplôme de spécialisation en télédétection du COGS et un baccalauréat en sciences, spécialités géologie et physique, de l'UNB. Il a travaillé dans l'industrie privée en tant que géologue et pour un représentant des ventes de SIG avant de se joindre au personnel du collège.

David H. Willis

David H Willis and Associates Limited
Coastal Engineering Technical Writing
121, rue Queen Mary
Ottawa (Ontario) K1K 1X4
CANADA

Courriel : davwil@magma.ca
Tél. : (613) 749-0867
Télécopieur : (613) 741-4249
http://www.magma.ca/~davwil/

Formation

Baccalaurétat en sciences appliquées, génie civil
1964, Université de Toronto
Toronto (Ontario) CANADA
Diplôme d'études universitaires supérieures en génie hydraulique
1969, cours internationaux
Delft, Pays-Bas

Certification

Ingénieur professionnel enregistré dans la province de l'Ontario, Canada
Certificat d'autorisation de pratique en Ontario
Visa de travail pour la Grande-Bretagne et l'Union européenne jusqu'en octobre 2004

Membre des associations ci-dessous

Membre et ancien secrétaire du Comité d'étude des littoraux, qui relève du Conseil national de recherches du Canada, et qui est devenu l'Association canadienne pour la science et le génie du littoral.
Ancien président de la division de l'hydrotechnique, Société canadienne de génie civil.
Président du comité organisateur local pour la 12^{e} conférence canadienne en hydrotechnique, tenue en juin 1995.

Membre de l'Association internationale de recherches hydrauliques
Association canadienne des ressources hydriques
American Shore and Beach Preservation Association

Expertise

David Willis compte plus de 32 ans d'expérience en génie civil hydraulique, avec une expertise particulière dans l'érosion et la sédimentation dans les estuaires et sur les côtes. Il est spécialisé en modélisation hydraulique, tant physique que numérique, visant à résoudre des problèmes d'ingénierie hydrotechnique.

Langues

Parle principalement l'anglais; connaissance fonctionnelle du français; à l'aise avec le hollandais et l'italien.

Noboru Yonemitsu, Ph.D.

Université de la Colombie-Britannique
Environmental & Ecological Fluid Mechanics
Department of Civil Engineering
2324, Main Mall, Vancouver (C.-B.)
V6T 1Z4
CANADA

Courriel : noboru@civil.ubc.ca
Tél. : (604) 822-0053
Télécopieur : (604) 822-6901

M. Noboru Yonemitsu a terminé un baccalauréat et une maîtrise en sciences à l'Université Hokkaido au Japon en génie physique en 1986. Après avoir terminé un doctorat à l'Université d'Alberta, il a travaillé pour plusieurs firmes de consultants en génie hydraulique et environnemental et à des universités. M. Yonemitsu est venu à l'Université de la Colombie-Britannique, où il travaille comme professeur adjoint au département de génie civil. Ses recherches actuelles portent sur la mécanique des fluides en écologie et environnement.

ANNEXE E

LISTE DES PARTICIPANTS

Nom	Organisation	Téléphone	Courriel
Carl Amos	Southampton Oceanography Centre	44-02380-596068	cla8@soc.soton.ac.uk
Eric Arseneau	Groupe de surveillance du bassin de la Petitcodiac	(506) 384-3369	pwmg@nbnet.nb.ca
Spyros Beltaos	Environnement Canada – CCEI	(905) 336-4898	Spyros.Beltaos@cciw.ca
Kevin Blair	Environnement Canada	(902) 426-4633	Kevin.Blair@ec.gc.ca
Doug Bliss	Environnement Canada	(506) 364-5048	Doug.Bliss@ec.gc.ca
Andrew Boghen	Université de Moncton	(506) 858-4321	boghena@UMoncton.CA
Robert Boudreau	Ministère des Transports du Nouveau-Brunswick	(506) 856-2000	Robert.BOUDREAU@gnb.ca
Tony Bowron	Ecology Action Centre	(902) 429-2202	tbowron@is2.dal.ca
Gary Bugden	Pêches et Océans Canada	(902) 426-5745	BugdenG@mar.dfo-mpo.gc.ca
Brian Burrell	Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick	(506) 457-4844	Brian.Burrell@gnb.ca
Daniel Caissie	Pêches et Océans Canada	(506) 851-6287	caissied@dfo-mpo.gc.ca
Michael Chadwick	Pêches et Océans Canada	(506) 851-6206	ChadwickM@dfo-mpo.gc.ca
Bob Chant	IMCS Rutgers University	(732) 932-7120	chant@imcs.rutgers.edu
Joël Chassé	Pêches et Océans Canada	(506) 851-1216	chassej@dfo-mpo.gc.ca
Graham Daborn	Université Acadia	(902) 585-1054	graham.daborn@acadiau.ca
Michael Davies	Pacific International Engineering Corp.	(613) 859-4600	mdavies@piengr.com
Jean-Guy Deveau	Environnement Canada	(506) 851-7729	Jean-Guy.Deveau@ec.gc.ca
Andrew Driscoll	Danish Hydraulic Institute	(215) 244-5344	amd@dhigroup.com
Dave Dunn	Pêches et Océans Canada	(506) 851-6850	DunnD@dfo-mpo.gc.ca
Hélène Dupuis	Pêches et Océans Canada	(506) 851-3320	dupuish@dfo-mpo.gc.ca
Serge Dupuis	Ville de Dieppe	(506) 877-7900	serge.dupuis@ville.dieppe.nb.ca
Richard Faas	University of Southern Mississippi	(228) 688-7099	rfaas@juno.com
George Finney	Environnement Canada	(506) 364-5011	George.Finney@ec.gc.ca
Pierre Gautreau	Pêches et Océans Canada	(506) 851-6833	gautreaup@dfo-mpo.gc.ca
David Greenberg	Pêches et Océans Canada	(902) 426-2431	greenbergd@mar.dfo-mpo.gc.ca
Denis Haché	Pêches et Océans Canada	(506) 851-6252	hached@mar.dfo-mpo.gc.ca
Perry Haines	Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick	(506) 453-8944	Perry.haines@gnb.ca
Philip Hansen	Ministère des Transports du Nouveau-Brunswick	(506) 453-2674	Phil.Hansen@gnb.ca

Janice Harvey	Conseil de la conservation du Nouveau-Brunswick	(506) 466-4033	ccnbharvey@nb.aibn.com
Nancy Hoar	Alma Fishermen Association	(506) 852-4935	info@whitefrost.nb.ca
Ron Hudson	Hudson Engineering Ltd.	(506) 450-9505	hudson@brunnet.net
Kim Hughes	Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick	(506) 457-4846	Kim.Hughes@gnb.ca
Krish Krishnappan	Environnement Canada – CCEIIW	(905) 336-4766	Krish.Krishnappan@cciw.ca
Richard Landry	Ville de Moncton	(506) 383-6201	richard.landry@moncton.org
Lorelei Langille	Pêches et Océans Canada – Garde côtière canadienne	(902) 426-0743	langillel@mar.dfo-mpo.gc.ca
Charles LeBlanc	Environnement Canada	(506) 851-7254	Charles.LeBlanc@ec.gc.ca
Daniel LeBlanc	Sentinelles Peticodiac	(506) 388-5337	prkeeper@nbnet.nb.ca
David Maguire	Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick	(506) 453-8944	david.maguire@gnb.ca
Peter McLaughlin	Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick	(506) 856-2374	Peter.McLaughlin@gnb.ca
Ole Mikkelsen	Pêches et Océans Canada	(902) 426-1865	mikkelseno@mar.dfo-mpo.gc.ca
Lindon Miller	Ministère des Transports du Nouveau-Brunswick	(506) 453-5730	Lindon.MILLER@gnb.ca
Tim Milligan	Pêches et Océans Canada	(902) 426-3273	milligant@mar.dfo-mpo.gc.ca
Brian Morse	Université Laval	(418) 656-2867	brian.morse@gci.ulaval.ca
Hugh O'Neill	Environnement Canada	(506) 851-2898	hugh.o'neill@ec.gc.ca
Charlie O'Reilly	Pêches et Océans Canada	(902) 426-5344	OReillyC@mar.dfo-mpo.gc.ca
Janet Patch	Ressources naturelles et Énergie Nouveau-Brunswick	(506) 453-2684	Janet.PATCH@gnb.ca
Ole Petersen	Danish Hydraulic Institute	45 45169305	osp@dhi.dk
Michael Phillips	Ministère des Transports du Nouveau-Brunswick	(506) 453-2754	mike.phillips@gnb.ca
Elizabeth Pugh	Ministère des Transports de la Nouvelle-Écosse	(902) 424-6418	PUGHEL@gov.ns.ca
Trefor Reynoldson	Environnement Canada – CCEI	(902) 585-1638	Trefor.Reynoldson@cciw.ca
Roland Richard	Propriétaire de terres riveraines de la Petitcodiac	(506) 382-5894	roachnr@nb.sympatico.ca
Hal Ritchie	Université Dalhousie	(902) 494-5192	Harold.Ritchie@ec.gc.ca
Norman Roach	Lake Petitcodiac Preservation Association	(506) 384-5036	roachnr@nb.sympatico.ca
Peter Sawyer	Ville de Riverview	(506) 388-3013	psawyer@nbnet.nb.ca
Jochen Schroer	NATECH Environmental Services Inc.	(506) 366-1080	natech@nbnet.nb.ca
Doug Scott	Baird & Associates	(613) 731-8900	dscott@baird.com
Julie Smith	Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du	(506) 444-5382	julie.p.smith@gnb.ca

	Nouveau-Brunswick		
Sherry Sparks	Ministère des Approvisionnements et Services du N.-B.	(506) 856-2372	sherry.sparks@gnb.ca
Jon Stone	Environnement Canada	(902) 426-3871	Jon.Stone@ec.gc.ca
Dave Sullivan	Retraité du ministère des Transports du N.-B.	(506) 459-0236	no courriel
Erik Toorman	Katholieke Universiteit Leuven – Belgique	32.16.321659	Erik.Toorman@bwk.kuleuven.ac.be
Tim Webster	Centre des sciences géographiques	(902) 825-5475	tim@cogs.ns.ca
Peter Wells	Environnement Canada	(902) 426-1426	peter.wells@ec.gc.ca
David Willis	David H Willis and Associates Limited	(613) 749-0867	davwil@magma.ca
Catherine Vardy	Pêches et Océans Canada	(506) 851-3171	vardyc@dfo-mpo.gc.ca
Jean-Claude Vautour	Travaux publics et services gouvernementaux Canada	(506) 851-2474	Jean-Claude.Vautour@PWGSC.GC.CA
Noboru Yonemitsu	Université de la Colombie-Britannique	(604) 822-0053	noboru@civil.ubc.ca

ANNEXE F

LISTE DES PARTICIPANTS AUX RÉUNIONS EN PETITS GROUPES

Listes de la première réunion en petits groupes

	1A - Shediac C	1B – Restigouche	1C - Matapédia
	Sédiments cohésifs	**Paramètres importants**	**Défis liés à la modélisation**
Président de la réunion	**Tim Milligan**	**David Willis**	**Spyros Beltaos**
Planificateurs de l'EIE	**David Maguire**	**Julie Smith**	**Perry Haines**
Membres	Peter Sawyer	Bob Chant	Andrew Driscoll
	Andrew Boghen	Brian Morse	Daniel Caissie
	Brian Burrell	Charlie O'Reilly	David Greenberg
	Carl Amos	Doug Bliss	Doug Scott
	Daniel LeBlanc	Eric Arseneau	Gary Bugden
	Dave Sullivan	George Finney	Hal Ritchie
	Denis Haché	Janet Patch	Hugh O'Neill
	Elizabeth Pugh	Janice Harvey	Jean-Claude Vautour
	Erik Toorman	Jochen Schroer	Joël Chassé
	Graham Daborn	Kim Hughes	Jon Stone
	Hélène Dupuis	Michael Chadwick	Kevin Blair
	Jean-Guy Deveau	Michael Davies	Michael Phillips
	Krish Krishnappan	Noboru Yonemitsu	Tony Bowron
	Lindon Miller	Ole Mikkelsen	Ole Petersen

Listes de la deuxième réunion en petits groupes

	2A - Shediac C	2B - Restigouche	2C - Matapédia
	Collecte de données économiques	**Expérimentation**	**Optimisation de la collecte de données**
Président de la réunion	**Carl Amos**	**Denis Haché**	**Tim Milligan**
Planificateurs de l'EIA	**Perry Haines**	**David Maguire**	**Julie Smith**
Membres	Andrew Driscoll	Peter Sawyer	Andrew Boghen
	Charlie O'Reilly	Daniel LeBlanc	Bob Chant
	Doug Scott	Dave Sullivan	Brian Burrell
	Elizabeth Pugh	David Greenberg	Brian Morse
	Erik Toorman	David Willis	Daniel Caissie
	George Finney	Doug Bliss	Gary Bugden
	Hugh O'Neill	Eric Arseneau	Hélène Dupuis
	Janet Patch	Graham Daborn	Jean-Guy Deveau
	Janice Harvey	Hal Ritchie	Jon Stone
	Jean-Claude Vautour	Kevin Blair	Michael Davies
	Jochen Schroer	Krish Krishnappan	Michael Phillips
	Joël Chassé	Lindon Miller	Noboru Yonemitsu
	Kim Hughes	Norman Roach	Ole Mikkelsen
	Michael Chadwick	Peter McLaughlin	Ole Petersen
	Nancy Hoar	Peter Wells	Richard Landry
	Philip Hansen	Pierre Gautreau	Roland Richard
	Ron Hudson	Richard Faas	Serge Dupuis
	Sherry Sparks	Robert Boudreau	Spyros Beltaos
	Tim Webster	Tony Bowron	Trefor Reynoldson

Listes de la troisième réunion en petits groupes

	3A - Shediac C	3B - Restigouche	3C - Matapédia
	Approche de modélisation; modèles emboîtés	**Exactitude de la modélisation**	**Durée de l'étude**
Président de la réunion	**David Willis**	**Michael Chadwick**	**Doug Bliss**
Planificateurs de l'EIE	**David Maguire**	**Julie Smith**	**Perry Haines**
Membres	Brian Morse	Bob Chant	Andrew Boghen
	Hal Ritchie	Brian Burrell	Andrew Driscoll
	Hugh O'Neill	Dave Sullivan	Carl Amos
	Janet Patch	Denis Haché	Charlie O'Reilly
	Janice Harvey	Elizabeth Pugh	Daniel Caissie
	Jochen Schroer	Eric Arseneau	Daniel LeBlanc
	Joël Chassé	Erik Toorman	David Greenberg
	Kim Hughes	Gary Bugden	Doug Scott
	Lindon Miller	Hélène Dupuis	George Finney
	Michael Davies	Jean-Claude Vautour	Graham Daborn
	Norman Roach	Jean-Guy Deveau	Jon Stone
	Ole Petersen	Kevin Blair	Krish Krishnappan
	Philip Hansen	Nancy Hoar	Michael Phillips
	Pierre Gautreau	Noboru Yonemitsu	Peter McLaughlin
	Richard Faas	Ole Mikkelsen	Peter Sawyer
	Serge Dupuis	Peter Wells	Roland Richard
	Sherry Sparks	Spyros Beltaos	Richard Landry
	Tim Webster	Tim Milligan	Robert Boudreau
	Trefor Reynoldson	Tony Bowron	Ron Hudson